



# COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

(Provincia di Fermo)



## RAPPORTO GEOLOGICO

VARIANTE PARZIALE AL PIANO REGOLATORE  
CONSISTENTE NELLA TRASLAZIONE DI  
PORZIONI DI ZONIZZAZIONE ALL'INTERNO  
DELLA STESSA PRORPIETA' (Foglio 8 Particelle  
n.621-638- 634-645) IN VIA MICHELANGELO NEL  
COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO



**STUDIO GEOLOGICO**

*Consulenze  
Geologiche e Ambientali*

**Dott. Geol. Gianluca Testaguzza**

Via G. Boni, n. 3 - 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

Porto San Giorgio, dicembre 2020

Geologo:

Dott. Gianluca TESTAGUZZA



Committenti : **Sig.ri MATTIOLI Fabio Dino, Dany Silvana, Anthony,  
Marco Polo, Piero, Luisa, Bernardino,  
RICCI Maria Antonietta e STORTINI Nazzareno**

**Opera dell'ingegno. Riproduzione vietata. Ogni diritto riservato. (Art. 99 legge n. 633/1941)**

## INDICE

1 - PREMESSA	Pag. 1
2 - METODOLOGIA D'INDAGINE	Pag. 1
3 - CARATTERI GENERALI	Pag. 2
3.1 - Georeferenziazione e morfologia dell'area	Pag. 2
3.2 - Geologia dell'area	Pag. 3
3.3 - Geomorfologia ed interferenza con il P.A.I.	Pag. 3
3.4 - Idrogeologia ed idrografia superficiale dell'area	Pag. 4
4 - PROGETTAZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA	Pag. 4
5 - SCENARIO DEL SOTTOSUOLO	Pag. 5
5.1 - Apparato litostratigrafico	Pag. 5
5.2 - Situazione Idrogeologica	Pag. 6
5.3 - Qualità fisico-meccanica dei sedimenti	Pag. 6
6 - SISMICITA' DELL'AREA	Pag. 8
6.1 - Pericolosità di base	Pag. 8
6.2 - Sismicità storica	Pag. 12
6.3 - Sismicità attuale	Pag. 14
6.4 - Definizione della sorgente sismogenetica pertinente	Pag. 15
6.5 - Approccio sito-dipendente	Pag. 17
6.6 - Classificazione sismica dell'area	Pag. 17
6.7 - Categoria del sottosuolo	Pag. 18
6.8 - Categoria topografica	Pag. 19
6.9 - Frequenza di risonanza del terreno	Pag. 20
6.10 - Parametri sismici di progetto	Pag. 20
7 - CHECK UP DELL'AREA	Pag. 22
7.1 - Analisi geomorfologica di superficie	Pag. 22
7.2 - Modellazione cinematica dell'area - Verifiche di stabilità del versante	Pag. 22
8 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 23

---

### **ALLEGATI**

***Corografia - Carta topografica***

***Inquadramento geologico - Carta Geologica delle Marche***

***Inquadramento geomorfologico - Stralcio PRG carta geomorfologica***

***Carta del rischio idrogeologico - Stralcio PAI***

***Planimetria generale - Ubicazione indagini***

***Colonna stratigrafica reperita Sr***

***Elaborazione prove penetrometriche Cpt T1, T2 e T3***

***Sezione A/A - Sezione litostratigrafica***

***Indagine sismica Masw eseguita***

***Indagine sismica HVSR eseguita***

***Parametri sismici di progetto***

***Relazione di calcolo della verifica di stabilità del versante sezione A/A***

---

## RAPPORTO GEOLOGICO

VARIANTE PARZIALE AL PIANO REGOLATORE CONSISTENTE NELLA TRASLAZIONE DI PORZIONI DI ZONIZZAZIONE ALL'INTERNO DELLA STESSA PRORPIETA' (Foglio 8 Particelle n.621-638- 634-645) IN VIA MICHELANGELO NEL COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

### 1 – PREMESSA

Il presente Rapporto Geologico si riferisce alla redazione di una Variante parziale al PRG di un area urbanizzata consistente nella traslazione di porzioni di zonizzazione all'interno della stessa particella catastale; in particolare una zona B1, identificata come una striscia a nord della proprietà, viene spostata in aderenza alla curva stradale di Via Michelangelo rendendola utilizzabile, trasformando la striscia a nord in zona FH.

In questo Rapporto viene prodotta una descrizione analitica dell'area oggetto d'indagine che essenzialmente riguarda aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e geologico-tecnici. Queste componenti sensibili del sistema territoriale sono state analizzate in forma critica, attraverso incroci e correlazioni parametriche; tali dati consentono di ottimizzare la pianificazione urbanistica ed ambientale, a livello locale.

Lo studio ha lo scopo di fornire le seguenti indicazioni:

- la vocazionalità edificatoria dell'area da un punto di vista geologico, geomorfologico e geotecnico;
- le prescrizioni e le indicazioni necessarie allo sviluppo sostenibile dell'area legato alla compatibilità ambientale ed alla fattibilità geologica.

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

- **R.D. N°3267 del 30/12/1923**
- **Decreto Ministeriale 11.03.88**

Sancisce le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni di fondazione

- **D. M. 14.01.2008 aggiornato con D. M. 17.01.2018**

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. 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019 n. 7

- **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**

Norme in materia di pericolosità e rischio idrogeologico del territorio

### 2 - METODOLOGIA D'INDAGINE

Lo studio di analisi, è stato caratterizzato da una prima fase propedeutica consistente nella valutazione generale sull'aspetto del territorio sul quale è presente l'opera; in particolare è stata valutata l'interferenza della stessa con il Piano stralcio di bacino per l'Assetto

- Pag. 1 -

RAPPORTO GEOLOGICO

VARIANTE PARZIALE AL PIANO REGOLATORE CONSISTENTE NELLA TRASLAZIONE DI PORZIONI DI ZONIZZAZIONE ALL'INTERNO DELLA STESSA PRORPIETA' (Foglio 8 Particelle n.621-638- 634-645) IN VIA MICHELANGELO NEL COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale delle Marche (PAI).

Sono stati effettuati controlli ed accertamenti visivi sui siti i quali hanno permesso di ricostruire l'inquadramento dello stato attuale delle aree investigate. In particolare si elencano gli studi consultati e parzialmente riportati negli allegati:

- **Cartografia geologica** estratta dalla “Carta Geologica della Regione Marche Scala 1:10000 ;

**Cartografia geomorfologica** estratta dallo studio di adeguamento del P.R.G. al P.P.A.R. in Scala 1:4.000 ;

- **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;

- **Studio di Microzonazione Sismica di II° Livello** eseguita dal sottoscritto nel 2018 commissionato dall'Amministrazione Comunale di Porto San Giorgio;

Una volta constatato lo stato di fatto, l'indagine è stata proiettata all'accertamento della fattibilità geologica dell'intervento attraverso il seguente programma di lavoro:

- Georeferenziazione (inquadramento topografico)
- Aspetto morfologico e geomorfologico (valutazione qualitativa della stabilità dell'area)
- Caratteristiche Idrogeologiche (idrografia superficiale e contesto idrogeologico del sottosuolo)
- Geologia e Litologia (individuazione e classificazione dei terreni, assetto litostratigrafico del sottosuolo)
- Geotecnica dei terreni (parametrizzazione fisico-meccanica, stato di consistenza)
- Sismicità (determinazione dello scenario sismico)
- Valutazioni e verifiche di tipo geotecnico e geologico-applicativo relative alla stabilità delle aree in versante ritenute significative.

### 3 - CARATTERI GENERALI

#### 3.1 Georeferenziazione e morfologia dell'area

La zona in parola si pone a monte del litorale marino, nella fascia in pendenza, collocata ad ovest della dell'arteria Statale Adriatica e all'inizio dei primi rilievi collinari, in corrispondenza della porzione occidentale dell'abitato di Porto San Giorgio. L'analisi di campo visiva evidenzia uno scenario paesaggistico caratterizzato da una vera e propria protuberanza che l'edificazione configura all'interno del paesaggio vallivo ad ovest del centro abitato e lungo il Rio Petronilla; l'attività antropica, infatti, si manifesta soprattutto in un tessuto urbanistico costituito da viabilità e fabbricati a generale destinazione artigianale, commerciale e residenziale; l'antropizzazione ha portato allo stravolgimento dell'ambiente naturale con modifiche sostanziali, mediante sterri e riporti, di questa porzione valliva particolarmente incisa ed a pendenza significativa.

Più precisamente l'area si colloca in corrispondenza della struttura di valle, esposta a

nord, con pendenza del versante intorno al 22% ( $11^{\circ}/12^{\circ}$ ); a valle la pendice si congiunge nel punto topograficamente più depresso con il Rio Petronilla alla cui destra idrografica sorge l'area in oggetto.

L'area in esame è compresa nelle seguenti cartografie:

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

### **3.2 Geologia dell'area**

I sedimenti terrigeni affioranti nell'area appartengono al ciclo post-orogenico di riempimento finale del Bacino Periadriatico Auctt., che è situato al margine della catena appenninica in via di sollevamento. La sequenza litostratigrafica riscontrata in zona testimonia l'evoluzione tettonico-morfologica subita dall'estrema porzione orientale del Bacino Marchigiano Esterno, un tempo costituito da un'antica linea costiera successivamente emersa in tempi geologici recenti. Il bacino sedimentario è colmato da una successione terrigena a dominante pelitica, all'interno della quale si rinvencono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, corpi clastici sabbiosi e più raramente ghiaiosi. La disposizione strutturale dei litotipi si inserisce nell'ampia "Monoclinale" regionale nel dominio del Bacino Marchigiano Esterno, la quale consiste in una successione di strati debolmente inclinati ( $3^{\circ}\div 7^{\circ}$ ) ed immergenti verso E/N-E.

L'area investigata non è caratterizzata dalla presenza di macro-discontinuità tettoniche che dislocano la locale successione stratigrafica del sottosuolo e le dislocazioni minori non mostrano evidenze di attività recente e, pertanto, non compromettono la sicurezza dell'area in esame.

Il trend sedimentologico rivela un substrato pelitico di depositi epibatiali di età Plio-Pleistocenica; questi orizzonti pelitici si rinvencono, in questa porzione di territorio, nelle zone di crinale dove la sedimentazione continentale risulta meno importante.

Nella parte sommitale delle alture collinari limitrofe della zona in studio, questi depositi risultano sovrastati da sabbie e conglomerati di tetto di età pleistocenica ricordo di antiche linee di spiaggia relitte (Monte dei Caccioni).

La fine della trasgressione versiliana ha permesso l'instaurarsi dell'attuale sistema di sedimentazione, che caratterizza sia la porzione di fondovalle nella quale il substrato plio-pleistocenico è coperto da uno spessore variabile di depositi di fluvio-torrentizi, in particolare limi sabbiosi argillosi, sia da depositi continentali di tipo eluvio-colluviale originati dal disfacimento delle formazioni in posto da parte degli agenti esogeni e della gravità.

### **3.3 Geomorfologia ed interferenze con il P.A.I.**

La geomorfologia è lo studio sistematico delle forme del rilievo e della loro origine. In particolare, nel caso in esame, ci troviamo di fronte a forme derivate, cioè modellate, nel tempo geologico, da processi fisico-meccanici e chimici di degradazione e demolizione. Il settore in declivio interessato dallo studio, in particolare, configura forme di versante risultato, nel tempo geologico, dell'evoluzione cinematica del pendio; esse sono, nella fattispecie, associate alla azione della gravità.

L'esame visivo di schedatura dei luoghi e il resoconto degli eventi accaduti nel corso degli anni nella zona, hanno fornito elementi utili a conoscere la risposta dei terreni in conseguenza agli insediamenti edilizi e ad interventi antropici in generale.

In particolare questa zona non risulta, dai sopralluoghi e dalla cartografia esistente di tipo geomorfologico, soggetta a movimenti gravitativi attivi; la cartografia del PRG allegata, a conferma dell'osservazione visiva diretta, mostra stabilità geomorfologica limitando la presenza, ad est ed ovest dell'area, di processi geomorfologici classificati come scivolamenti rispettivamente attivi e quiescenti.

Il Piano di Assetto Idrogeologico non inserisce l'area oggetto di Variante Urbanistica all'interno di aree perimetrate dal PAI.

### **3.4 Idrogeologia ed idrografia superficiale dell'area**

In considerazione dell'assetto litostratigrafico rinvenuto e dagli studi bibliografici reperiti sono state distinte dal punto di vista idrogeologico due unità che presentano un diverso comportamento in presenza di circolazione idrica sotterranea:

- UNITA' A (Aquifero), depositi alluvio-colluviali limo sabbiosi argillosi e depositi di substrato costituiti da alternanze di sabbie e argille. Questa unità è caratterizzata da una successione di terreni a permeabilità variabile per porosità primaria e secondaria; sono infatti sedimenti con una discontinuità tessiturale sia orizzontale che verticale con scheletri solidi moderatamente aperti (porzione sabbiosa sciolta del substrato e delle eluvioni), che permettono un passaggio della fase liquida discreto. Il valore del coefficiente di permeabilità varia tra  $10^{-7} < k > 10^{-4}$  cm/sec (indicazioni bibliografiche).
- UNITA' B (Aquiclude), terreni argilloso-limosi pleistocenici (Formazione alterata e integra) hanno una funzione di battente impermeabile con un coefficiente K basso  $< 10^{-7}$ .

La falda principale di sub-alveo (Rio Petronilla) posta a valle, contenuta negli apparati limo-argillosi-sabbiosi presenti nelle alluvioni fluvio-torrentizie più recenti, è definita da una idrodinamica con flusso preferenziale da ovest ad est, con un potenziale circuito aperto tra le aree di monte e quelle di valle.

Il Rio Petronilla, alla cui destra idrografica si sviluppa l'area in oggetto, rappresenta il principale canale di deflusso naturale delle acque superficiali. L'asta idrografica del fosso che sfocia direttamente a mare, assume un andamento prevalentemente anti-appenninico. Si riconoscono diversi fossi di scolo sia in sinistra che in destra idrografica che drenano non sempre adeguatamente i versanti.

## **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.

Il programma di indagine è stato organizzato come segue:

### **- Acquisizione dei dati 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
- Carta Geomorfologica allegata al PRG

- Stralcio del PAI

**- Stratigrafia sondaggio reperito Sr:**

*(ricostruzione complesso sedimentario in posto e apparato stratigrafico sepolto)*

Si tratta di un sondaggio geognostico eseguito, con metodo a rotazione e carotaggio continuo, dal dott. Ambrogi ed allegato alla MS2. Ha ricostruito il completo complesso sedimentario dalla copertura al substrato di base evidenziando l'ossatura e la costituzione litologica dell'area.

**- Penetrometrie statiche in sito Cpt eseguite :**

*(caratterizzazione litologica e qualità geotecnica dei sedimenti)*

Sono state eseguite **tre verticali di indagine puntuali** che hanno raggiunto la profondità massima di esplorazione di 12,20 metri dall'attuale piano di campagna ed hanno saggiato la consistenza degli orizzonti litologici.

**- Indagini geofisiche masw e HVSR eseguite**

*(ricostruzione indiretta del complesso sedimentario in posto e apparato stratigrafico sepolto con definizione delle Vseq e della frequenza di risonanza del terreno)*

Si tratta:

- a) di **N.1 indagine geofisica tramite metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW**. L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di ricavare le velocità delle onde di taglio Sh, le quali sono state utilizzate per il calcolo del valore del parametro Vseq, necessario per la definizione della categoria di sottosuolo di fondazione.
- b) di **N.1 indagine sismica passiva HVSR** che ha permesso la misura diretta della frequenza caratteristica di risonanza del sito.

## 5 - SCENARIO DEL SOTTOUOLO

Allo scopo di identificare i terreni in profondità e controllare il complesso sedimentario sepolto, il sottosuolo dell'area è stato complessivamente esplorato attraverso il reperimento di un sondaggio e l'esecuzione di tre prove penetrometriche statiche Cpt. Di seguito sono definiti gli scenari che individuano la costituzione litologica, idrogeologica e geotecnica in profondità.

### 5.1 Apparato litostratigrafico

Le indagini hanno evidenziato una sequenza litologica a predominio e assortimento tessiturale fine/finissimo, granulare in superficie e coesivo in profondità. Risultano affioranti, localmente, i depositi colluviali di copertura composti da limi argillosi sabbiosi. A profondità che variano da -4,40 metri a monte ai -6,20 metri a valle è stato intercettato un substrato composto da predominio di argille limose con interpolazioni di veli e livelli sabbiosi fini inizialmente alterate e molto fratturate con miglioramento della tessitura dopo i 1/2 metri; si tratta di depositi attribuibili al basamento marino che, peraltro, individuano l'impalcatura geologica dell'ossatura collinare.

Per dare un'idea dell'ossatura litologica dell'area investigata nel seguente paragrafo vengono riportate le caratteristiche litologiche-tessiturali che compongono la stratigrafia del sondaggio geognostico reperito Sr interpolato con gli spessori della prova T1 posta centralmente all'area in oggetto:

**- Pag. 5 -**

#### RAPPORTO GEOLOGICO

### **Interpretazione stratigrafica prova Cpt T1**

- a) Limo argilloso sabbioso: 0,00 - 3,80 metri**  
Limo argilloso debolmente sabbioso inizialmente essiccato, di colore nocciola-brunastro, di medio-alta consistenza. (COLTRE COLLUVIALE);
- b) Limo argilloso: 3,80 - 6,20 metri**  
Limo argilloso di colore beige-avana e screziature grigiastre e rugginose, di consistenza media-bassa con a luoghi passaggi plastici. (COLTRE ELUVIALI);
- c) Argille limose alterate a fratturate: 6,20 - 7,00 metri**  
Argille limose di colore nocciola con screziature e macule grigiastre, alterate e fratturate, consistenza media. (SUBSTRATO ALTERATO A LUOGHI FRATTURATO);
- d) Argille limose integre: 7,00 - 9,60 metri**  
Argille limose grigie-azzurre sovraconsolidate e molto consistenti; si intercalano sottili livelli siltoso-sabbiosi. (SUBSTRATO INTEGRO).

#### **5.2 - Situazione Idrogeologica**

Gli apparati sedimentologici presenti nell'area individuano strutture poco aperte e quindi sfavorevoli al circolo idrico e conseguente permeabilità medio-bassa. La bibliografia ufficiale per tali terreni fornisce valori del coefficiente di permeabilità (k) che oscillano tra  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$  cm/sec che in alcuni casi, in presenza di orizzonti sabbiosi (contatto coltre – substrato), passano a  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$ .

In particolare le indagini non hanno mostrato percolazioni idriche significative ma solamente zone di saturazione nella coltre eluvio-colluviale.

#### **5.3 - Qualità fisico meccanica dei sedimenti**

Le indagini, oltre a riconoscere la natura litologica degli orizzonti coperti hanno saggiato gli stati di consistenza e compattezza delle terre di fondazione. Il sottosuolo presenta, in sostanza, una buona qualità geotecnica, soprattutto in riferimento agli strati profondi composti da argille limose predominanti di substrato alterato ed integro. Si tratta di un deposito, quello riferito al substrato marino alterato, asciutto, molto consistente e sovraconsolidato; risulta un banco solido a cui affidare i carichi statici di progetto.

Il complesso superficiale, Coltre/Substrato alterato e fratturato, evidenzia sedimenti normalconsolidati, teneri ed a luoghi plastici soprattutto nella coltre eluviale.

#### **A) VALORI NOMINALI**

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico - meccaniche degli orizzonti attraversati con i rispettivi parametri geotecnici.

I terreni sono stati tarati sulla base delle prove eseguite per ciò che riguarda i parametri non drenati mentre per quelle drenati si fa riferimento alle prove di laboratorio eseguite dal sottoscritto nelle numerose indagini redatte in un intorno significativo.

## UNITA' DI COLTRE COLLUVIALE

**Limi argillosi deb. sabbiosi:** Sedimenti coesivi a grana mista costituiti da limo e argilla in vari percentuali con intercalazioni sabbiose a luoghi essiccati.

- Peso di volume naturale	$Y$	= 1,80-1,90 Kg/cmc
- Coesione non drenata	$C_u$	= 2,00-2,60 Kg/cm $q$
- Angolo di attrito drenato	$\Phi'$	= 23°-25°
- Coesione intercetta	$C'$	= 0,07-0,15 Kg/cm $q$
- Modulo edometrico	$Ed$	= 90-100 Kg/cm $q$

## UNITA' DI COLTRE ELUVIALE

**Limi argillosi:** Sedimenti coesivi costituiti da limo e argille in vari percentuali a luoghi plastici.

- Peso di volume naturale	$Y$	= 1,90-2,00 Kg/cmc
- Coesione non drenata	$C_u$	= 0,50-1,00 Kg/cm $q$
- Angolo di attrito drenato	$\Phi'$	= 19°-22°
- Coesione intercetta	$C'$	= 0,01-0,02 Kg/cm $q$
- Modulo edometrico	$Ed$	= 35-50 Kg/cm $q$

## UNITA' DI SUBSTRATO

**Argille Limose:** Sedimenti coesivi a grana da fine a finissima costituiti da frazioni di argille e limi in varie percentuali.

### ***Porzione alterata e fratturata***

- Peso di volume naturale	$Y$	= 2,00-2,10 Kg/cmc
- Coesione non drenata	$C_u$	= 2,00-2,40 Kg/cm $q$
- Angolo di attrito drenato	$\Phi'$	= 23°-25°
- Coesione intercetta	$C'$	= 0,10-0,20 Kg/cm $q$
- Modulo edometrico	$Ed$	= 90-100 Kg/cm $q$

### ***Porzione integra***

- Peso di volume naturale	$Y$	= 2,00-2,20 Kg/cmc
- Coesione non drenata	$C_u$	= 3,00-3,50 Kg/cm $q$
- Angolo di attrito drenato	$\Phi'$	= 25°-27°
- Coesione intercetta	$C'$	= 0,20-0,30 Kg/cm $q$
- Modulo edometrico	$Ed$	= 150-170 Kg/cm $q$

## 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 2018", 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  $\phi'$  da adottare nel calcolo si ottengono dividendo i valori caratteristici ( $f_k$ ) per un coefficiente riduttivo parziale  $\gamma_m$ , secondo quanto indicato al punto 6.2.4.1.2 delle NTC 2018.

## 6 – SISMICITA' DELL'AREA

### 6.1 - Pericolosità di base

Le Marche sono da secoli interessate da una diffusa e frequente attività sismica, con massima intensità pari al X grado della scala MCS.

Nell'area marchigiana l'attività sismica è concentrata in fasce ben definite dal punto di vista geologico e fisiografico: una più interna corrispondente alla zona della catena appenninica, caratterizzata da terremoti frequenti e d'intensità pari al X grado della scala MCS, una fascia intermedia corrispondente alla zona pedeappenninica, caratterizzata da una blanda ma diffusa attività sismica e una fascia periadriatica caratterizzata da attività sismica

- Pag. 8 -

#### RAPPORTO GEOLOGICO

generalmente moderata.

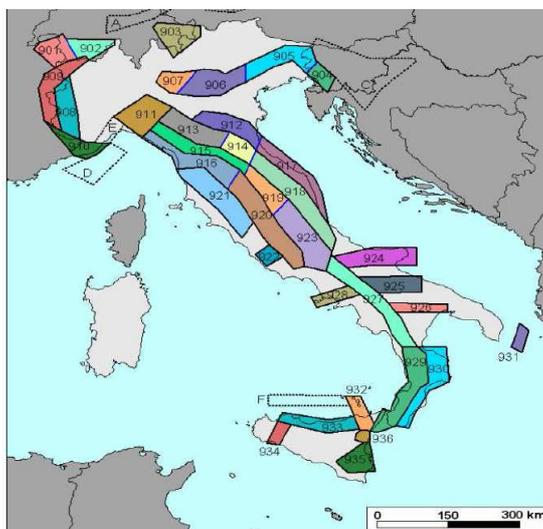
I terremoti che periodicamente colpiscono il territorio regionale sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo. Meccanismi focali di tipo distensivo e asse di massima distensione in direzione SW-NE, caratterizzano l'area appenninica che presenta il più alto livello di sismicità e dove l'attività sismogenetica avviene entro i primi 12 Km di profondità. Meccanismi focali di tipo compressivo e trascorrente con asse di massima compressione in direzione SW-NE, sono tipici dell'area pedeappenninica e periadriatica e in particolare in quest'ultima l'attività sismica è limitata ai primi 10 Km di profondità.

La mappa della “Massima Intensità Macrosismica Risentita in Italia” elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica sulla base dei massimi valori risentiti all'interno di apposite macrozone, che fornisce un quadro immediato del grado di sismicità, evidenzia come il territorio comunale di Porto San Giorgio sia inserito in ambiti caratterizzati da terremoti di intensità dell'VII grado della scala M.C.S.

Il territorio comunale di Porto San Giorgio faceva parte dei comuni classificati sismici di II categoria (con  $S = 9$ ) ed incluso nel livello "c" (rischio sismico basso), rispettivamente dal D.M.LL.PP. del 10.02.1983 e dalla L.R. 33/84. Tale classificazione fu riconfermata nel 1998 in occasione della risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi con la quale fu dato mandato al Servizio Sismico Nazionale di costituire un Gruppo di Lavoro per la formulazione di una proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano.

A livello regionale si ricordano le Circolari nn.14 e 15 del 28 agosto 1990 (Indirizzi e criteri per l'effettuazione di indagini geologiche in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPAR e alla legge regionale n.33/84 – Relazione tecnico-illustrativa Circolare ex L.33/84 art.10/11) contenenti la tipologia di indagini finalizzate alla riduzione del rischio, alla scala dello strumento generale di piano. Secondo quanto riportato nelle Circolari richiamate e riguardo alla pericolosità sismica regionale, il territorio di Porto San Giorgio è classificato a livello C (rischio sismico basso), ricadente nella fascia intermedia pedeappenninica.

Il Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n.3274 del 20.03.2003, INGV) ha proposto una zonazione sismogenetica ZS9 che integra i livelli informativi precedenti con gli ultimi sviluppi degli studi nel settore geologico-strutturale e sismogenetico.



- Pag. 9 -

#### RAPPORTO GEOLOGICO

VARIANTE PARZIALE AL PIANO REGOLATORE CONSISTENTE NELLA TRASLAZIONE DI PORZIONI DI ZONIZZAZIONE ALL'INTERNO DELLA STESSA PRORPIETA' (Foglio 8 Particelle n.621-638- 634-645) IN VIA MICHELANGELO NEL COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

Zona sismogenetica ZS9 (da: “Zonazione sismogenetica ZS9-App.2 al Rapporto Conclusivo)

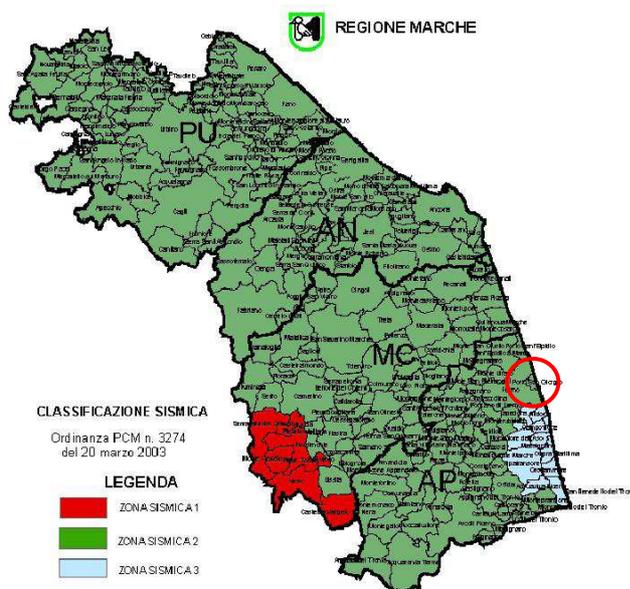
Per l’area marchigiana centrale, zona 917, in cui ricade il territorio comunale di Porto San Giorgio, il modello ZS9 individua un regime tettonico di transizione a carattere misto, ovvero in cui convivono meccanismi diversi, essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE. e una classe di profondità efficace compresa tra 12 e 20 Km, rappresentativa della maggior parte degli eventi sismici.

La tabella di seguito allegata (fonte D.P.C. Microzonazione Sismica Volume I punto 2.8.2) indica la magnitudo massima attesa per le diverse zone sismogenetiche Mwmax. Per la zona 917 la Mwmax è 6.14.

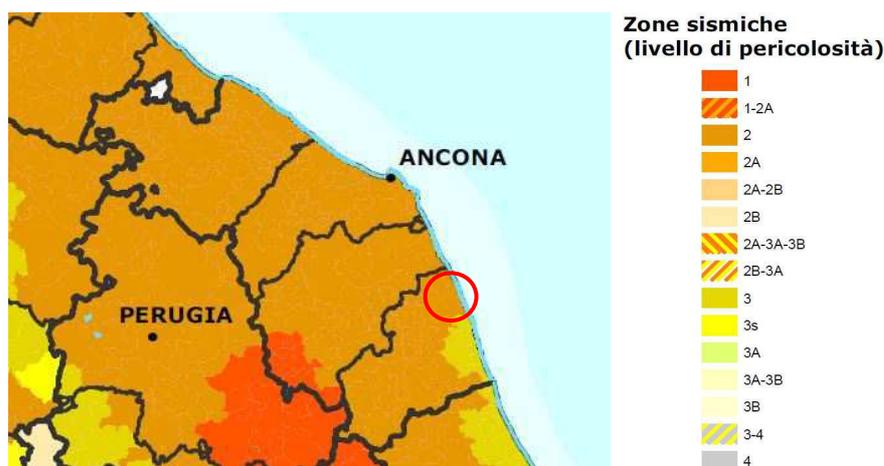
Nome ZS	Numero ZS	M <sub>max</sub>
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale,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

Valori Mwmax per le zone sismogenetiche di ZS9.

L’ordinanza del P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica – G.U. n.105 dell’8.5.2003), e successive modifiche e integrazioni, recepita dalla Regione Marche con D.G.R. n.1046 del 29.07.2003, classifica il comune di Porto San Giorgio nella Zona 2.



Elaborato grafico allegato alla D.G.R. n.1046 del 29.07.2003

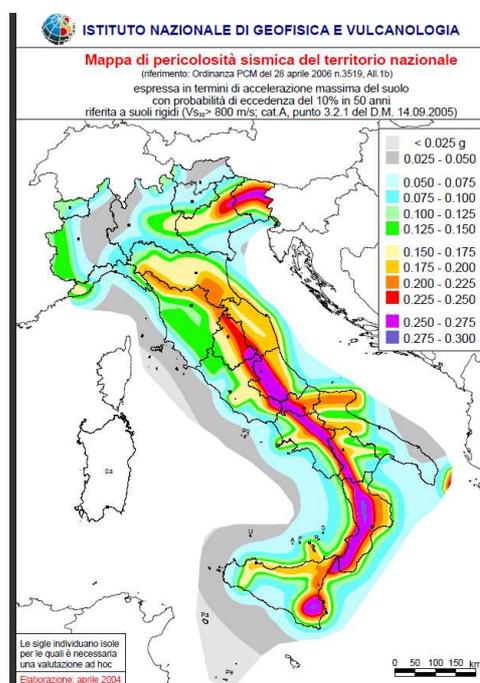


Classificazione sismica nazionale aggiornata al 2014 (P.C.M. – Dip. P. C.)

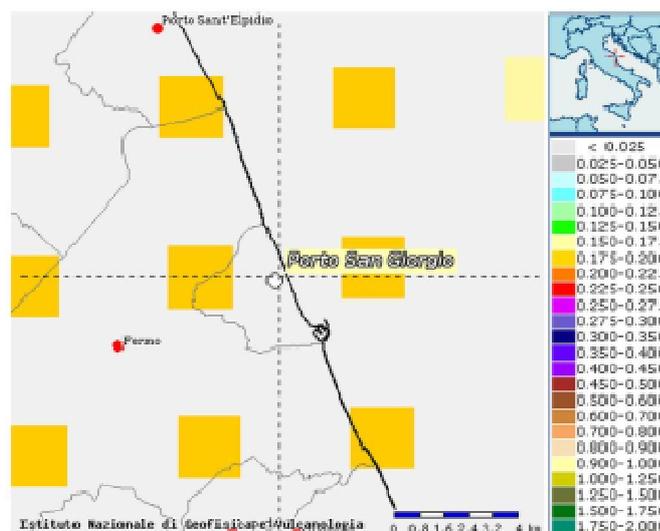
Tale zona è individuata da un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g), compresa tra 0.15 e 0.25 g e accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g) di 0.25.

La successiva Ordinanza P.C.M. del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b, ha definito la pericolosità sismica del territorio nazionale, illustrata mediante la mappa successiva, che rappresenta graficamente la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi e orizzontali ( $V_s > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

In questo contesto, il territorio comunale è caratterizzato, in via generale, da un'accelerazione (ag) orizzontale massima convenzionale sul suolo di tipo A, compresa tra 0,175 e 0,200 g.



Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV)



Mapa interattiva della pericolosità sismica del comune di Porto San Giorgio (progetto DPC-INGV – S1 / <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

## 6.2 - Sismicità storica

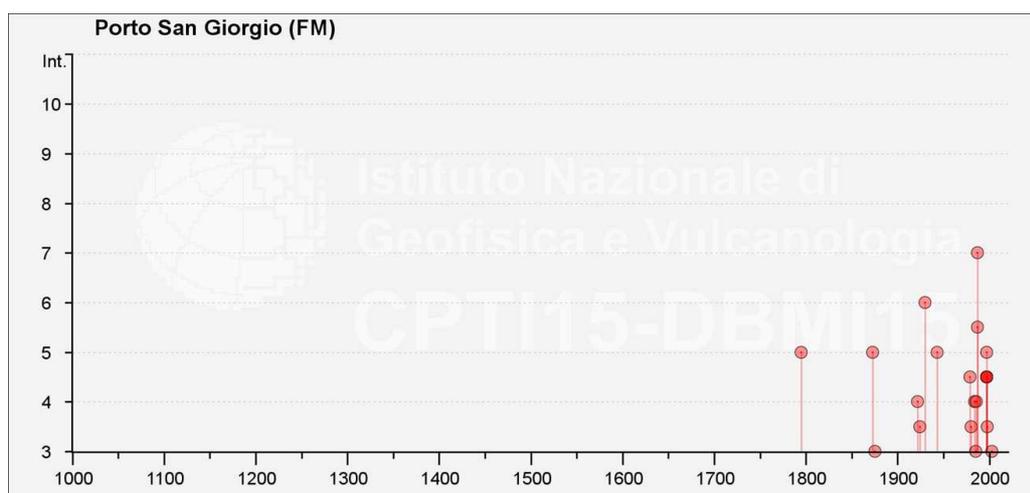
L'analisi sulla sismicità storica del territorio comunale ha preso in considerazione anche i dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano, ultima versione DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it/>), da cui sono stati selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato il territorio di Porto San Giorgio. Nel caso sono evidenziati 33 eventi di riferimento a partire dall'anno 1795 e relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'epicentro del sisma.

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Seismic history of Porto San Giorgio  
PlaceID IT\_52684  
Coordinates (lat, lon) 43.180, 13.794  
Municipality (ISTAT 2015) Porto San Giorgio  
Province Fermo  
Region Marche  
No. of reported earthquakes 33

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1795 06 19 23 30	Maceratese	17	6	4,7
5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
3	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
NF	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5,09
NF	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5,5
NF	1898 08 25 16 37 46.00	Valnerina	67	7	5,03
NF	1899 04 21 00 57 55.00	Narni	45	4	3,96

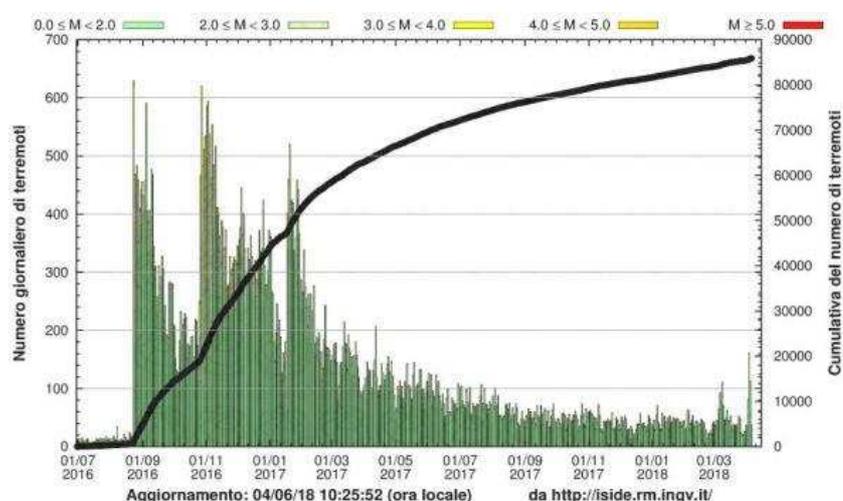
NF	1908 11 16 16 28	Fermo	6	4	3,7
4	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4,73
3-4	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	76	7-8	5,48
6	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
2-3	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5,9
F	1943 01 16	Monti Sibillini	22	6-7	5,04
5	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5,67
F	1972 06 14 18 55 52.54	Costa anconetana	17		4,68
4-5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5,83
3-4	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
3	1985 05 01 16 57 35.00	Ascolano	51	5	4,09
4	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4,46
7	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5,06
5-6	1987 09 04 16 42 49.60	Costa Marchigiana	75	6	4,66
4-5	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
5	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
4-5	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5,22
4-5	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5,47
4-5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5,62
3-4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4,78
3	2003 03 29 17 42 13.74	Adriatico centrale	68		5,43
2-3	2003 05 25 17 15 13.95	Ascolano	88	4-5	3,81
2	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4,09
NF	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	131	4	3,74
NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21



Eventi sismici relativi al territorio di Porto San Giorgio (da: DBMI 2015)

### 6.3 - Sismicità attuale

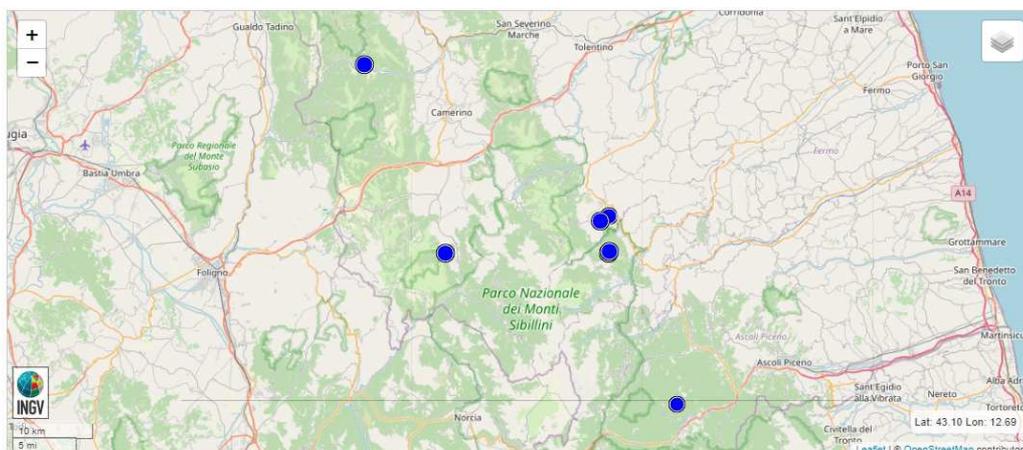
Precedente allo svolgimento e alla stesura del presente lavoro, si è attivata una importante serie sismica che ha colpito l'Appennino centrale a partire dal terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016 di magnitudo M 6.0. Stando all'ultimo aggiornamento disponibile (novembre 2017) la sequenza sismica in Italia centrale ha superato le 85.500 scosse, interessando un'area molto estesa tra Lazio, Umbria, Marche e Abruzzo. Sono circa 62 i terremoti di magnitudo compresa tra 4.0 e 5.0; 5 quelli di magnitudo maggiore o uguale a 5.0 localizzati dalla Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). I più forti terremoti, oltre quello con cui la sequenza è iniziata, sono: quello di magnitudo M 5.4, avvenuto alle ore 04:33 del 24 agosto; quelli del 26 ottobre delle ore 19.10 e delle 21.18 italiane, rispettivamente di magnitudo 5.4 e 5.9; infine l'evento del 30 ottobre, alle 07:40 ora italiana di magnitudo M 6.5.



Sequenza sismica in atto nell'Italia centrale (INGV)

A seguito della crisi sismica il comune di Porto San Giorgio ha riportato danneggiamenti molto limitati.

Altre scosse sismiche di minore intensità sono ad oggi ancora piuttosto frequenti e quelle registrate più vicine al territorio di Porto San Giorgio sono le seguenti:



Data e Ora (Italia) ↓ ↻ ⓘ	Magnitudo ↓ ↻ ⓘ	Zona ⓘ	Profondità ↓ ↻ ⓘ	Latitudine	Longitudine
2020-08-27 19:15:37	Mw 3.3	3 km S Sarnano (MC)	25	43.02	13.29
2020-08-27 17:09:43	ML 3.2	2 km S Sarnano (MC)	23	43.02	13.31
2020-08-22 12:50:08	ML 3.1	4 km N Acquasanta Terme (AP)	20	42.81	13.41
2020-05-07 12:31:48	ML 3.3	4 km W Amandola (FM)	10	42.98	13.31
2020-05-05 04:05:38	Mw 3.4	4 km W Amandola (FM)	11	42.98	13.31
2020-03-20 05:49:43	ML 3.3	5 km E Monte Cavallo (MC)	9	42.98	13.06
2019-12-26 04:17:45	ML 3.3	Fiuminata (MC)	62	43.19	12.93

*Sequenza sismica registrata in Italia centrale nel fermano (INGV)*

La serie è caratterizzata da un'intensità epicentrale media del II e III grado. La sismicità in questa fascia costiera delle Marche evidenzia una profondità molto variabile degli ipocentri (10-62 km).

#### **6.4 - Definizione della sorgente sismogenetica pertinente**

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia mette in rete, nell'ambito del Progetto DISS 3, le informazioni (<http://diss.rm.ingv.it>) riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale; esse mostrano tre tipologie di sorgenti sismogenetiche.

- Sorgenti individuali (IS): per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.
- Sorgenti composite (CS): sono regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate non ancora conosciute singolarmente. Le sorgenti composite non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.
- Sorgenti dibattute (DS): sono zone proposte in letteratura come potenziali sorgenti, ma considerate ancora non sufficientemente attendibili per entrare nel database.

La mappa del DISS non riporta alcun tipo di sorgente sismogenetica nella zona in esame ma vista la modesta distanza con la ITCS020 (Southern Marche), la ITIS070 (Offida) e la ITCS156 (Conrad), devono, comunque, essere considerate come possibili sorgenti sismiche per il Comune di Porto San Giorgio.



Localizzazione del sito in oggetto rispetto alla sorgente sismogenetica ITIS070 Offida collocata nella macroarea ITCS020 e della macroarea ITCS156 censite dal DISS 3.2.1.

La Zona ITCS020 “Southern Marche” e la ITCS156 “Conrad”, sintetizzate nelle tabelle che seguono, schematizzano due aree estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate, che non sono ancora conosciute singolarmente e non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.

Sorgente	Zona ITCS020	Zona ITCS156
Minima profondità (km)	3,5	2,1
Massima profondità (km)	13	6,5
Direzione (°)	140 - 175	158 - 177
Inclinazione (°)	35 - 50	41 - 48
Rake (°)	80 - 100	80 - 100
Velocità di movimento (mm/anno)	0,15 - 0,40	0,15 - 0,2
Magnitudo massima	5,9	5,8

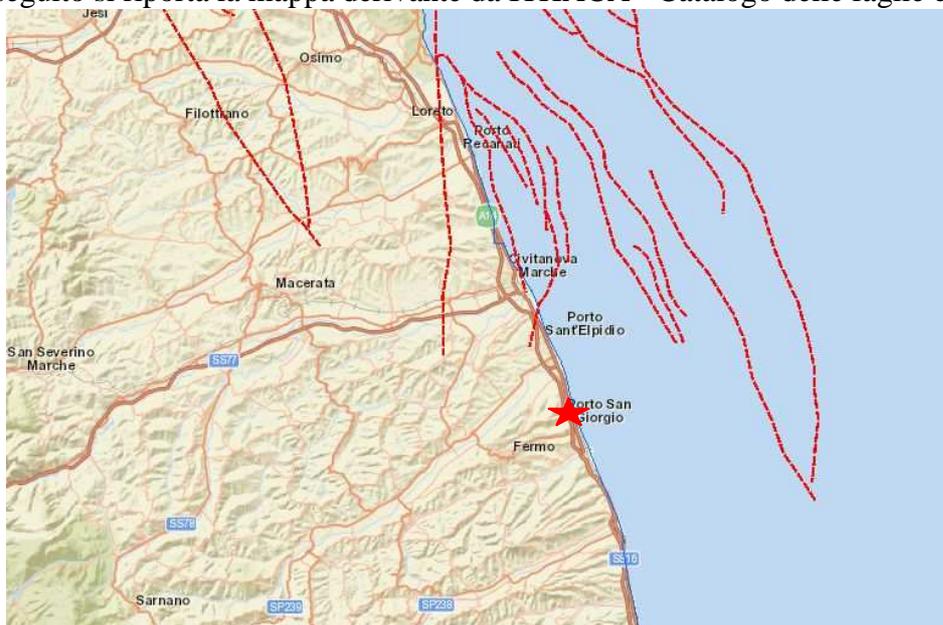
Caratteristiche della struttura sismogenetica ITCS 020 e ITCS 156 censite dal DISS 3.1.1.

Invece, la zona ITIS 070 “Offida” propone una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia ed esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.

Lunghezza (km)	7,9
Larghezza (km)	7,4
Minima profondità (km)	4,5
Massima profondità (km)	8,7
Direzione (°)	150
Inclinazione (°)	35
Rake (°)	90
Velocità di movimento (mm/anno)	0,1 - 0,5
Tempo di ritorno (anni)	800 - 4000
Magnitudo massima	5,9

*Caratteristiche della sorgente sismogenetica ITIS 060 censita dal DISS.*

Di seguito si riporta la mappa derivante da ITHACA - Catalogo delle faglie capaci



*Localizzazione del sito in oggetto rispetto alla faglie attive e capaci del Catalogo ITHAC*

La figura sopra riportata evidenzia che il Comune di Porto San Giorgio non è interessato da faglie attive le quali sono riportate con linee rosse. Inoltre, durante i sopralluoghi eseguiti non sono state rilevate particolari evidenze di un eventuale lineamento strutturale.

### **6.5 - 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 D.M. 14 gennaio 2008 per le costruzioni che sono state aggiornate con il nuovo D.M. 17 gennaio 2018 in vigore dal 23 marzo 2018.

In particolare con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, aggiornato con il D.M. 17 gennaio 2018, **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

### **6.6 - 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 Poeto 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

### 6.7 - Categoria del sottosuolo

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. Nel nostro caso, viste che le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II sottostante, 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 Vs,eq.

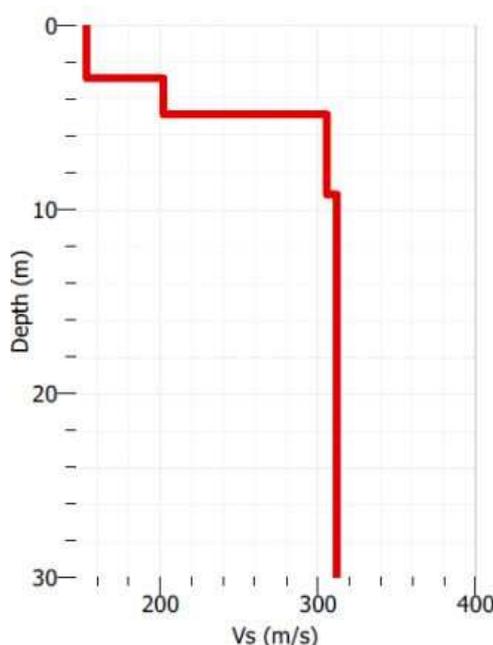
**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Nel caso specifico il valore di Vs,eq è stato calcolato dal piano di campagna; quindi, per l'area in oggetto è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica Masw, un valore di Vs,eq (0-30 metri) di **273 m/sec**; pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata e tenendo conto anche della modellazione geologica esposta nei capitoli precedenti, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18)

### **Categoria di sottosuolo “C”**

“*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*”



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

Il modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto risulta compatibile con la tipologia di sottosuolo esposta in precedenza; questo rileva un aumento della velocità delle onde di taglio con la profondità e quindi in linea con la modellazione semplificata proposta.

### **6.8 - 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 redatta nel capitolo 4.1 con inclinazione del versante di  $11^\circ/12^\circ$ , il sito in esame può avere la seguente classificazione:

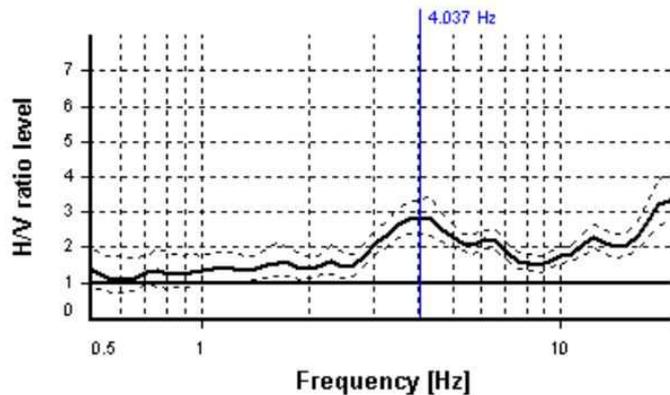
### Categoria topografica T1

“Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media < 15°”

#### 6.9 - Frequenza di risonanza del terreno

La frequenza caratteristica di risonanza del sito 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.

**Selected  $f_0$  frequency**  
4.037 Hz  
 **$A_0$  amplitude = 2.846**  
**Average  $f_0 = 4.149 \pm 0.436$**



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

Nella figura sovrastante è stata visualizzata la frequenza caratteristica del suolo in esame.

Nella valutazione della categoria di suolo e nell'approccio alla progettazione delle strutture in questione, non vanno comunque trascurate le informazioni acquisite con l'indagine sismica circa la frequenza di risonanza del sito.

Nel caso in esame si evidenzia che l'area sollecitata da input sismico amplifica le onde di superficie ad una frequenza di risonanza prossima a 4,037 Hz, il picco risulta non verificato secondo i criteri Sesame.

Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo.

#### 6.10 - 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 e gli spettri di progetto possono essere così definiti:

#### **Sito in esame**

latitudine:	<b>43,180044 [°]</b>
longitudine:	<b>13,791888 [°]</b>
Classe:	<b>2</b>
Vita nominale:	<b>50</b>

#### **Parametri sismici**

Categoria sottosuolo:	<b>C</b>
Categoria topografica:	<b>T1</b>
Periodo di riferimento:	<b>50 anni</b>
Coefficiente cu:	<b>1</b>

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	<b>10</b>	<b>%</b>
Tr:	<b>475</b>	<b>[anni]</b>
ag:	<b>0,181</b>	<b>g</b>
Fo:	<b>2,460</b>	
Tc*:	<b>0,307</b>	<b>[s]</b>

#### **Coefficienti Sismici**

Salvaguardia della vita (SLV):

Ss:	<b>1,430</b>
Cc:	<b>1,550</b>

**- Pag. 21 -**

**RAPPORTO GEOLOGICO**

St:	<b>1,000</b>
Kh:	<b>0,062</b>
Kv:	<b>0,031</b>
Amax:	<b>2,539 m/s<sup>2</sup></b>
Beta:	<b>0,240</b>

## **7 – CHECK UP DELL'AREA**

L'esame visivo di schedatura dei luoghi e la ricostruzione storica della fenomenologia dei dissesti e delle modalità di trasformazione del territorio hanno fornito elementi utili a conoscere la risposta dei terreni in conseguenza agli insediamenti edilizi esistenti ed alle modifiche morfologiche ed idrogeologiche apportate in conseguenza degli stessi.

Le condizioni ambientali ed antropiche del settore interessato dallo studio in terreni in prevalenza scoscesi, ha suggerito, al fine di fornire una diagnosi attendibile circa le condizioni di stabilità superficiale, di radiografare l'area e cogliere eventuali segni e indicatori sospetti di precario equilibrio del sistema suolo-substrato (analisi geomorfologica di superficie) e di predisporre verifiche di stabilità di versante (modellazione cinematica dell'area).

### **7.1 - Analisi geomorfologica di superficie**

Il versante è apparso guidato da acclività medio-bassa, nella porzione medio-terminale, poco disturbato da rotture o irregolarità generalizzate di pendio; si presenta moderatamente più acclive la porzione alta con passaggi morfologici rilevanti.

Non è stato notato nessun fenomeno conclamato di dissesto generalizzato; mancano segnali evidenti di nicchie di distacco, lobi di accumulo e quant'altro lasci pensare ad una zona con movimento di massa superficiale conclamato.

La presenza di strutture antropiche integre quali pali di servizi che mantengono verticalità, strutture abitative poste a valle ed a monte e opere di contenimento che non presentano segnali di stress strutturale, sono la testimonianza ulteriore della mancanza di elementi superficiali per individuare un movimento attivo nell'area in esame.

In allegato viene riportato, per completezza d'indagine, la cartografia geomorfologica del PRG, principale fonte della perimetrazione PAI per questa area, che in aderenza alle rilevazioni di superficie non individua nell'area in esame movimenti gravitativi.

Nei tratti alti del rilievo in oggetto, dove avviene un leggero cambio di gradiente con rialzi topografici, a luoghi si osservano forme localizzate di leggere ondulazioni o rigonfiamenti. Probabilmente rappresentano morfologie originate dall'assestamento, nel corso del tempo geologico, della coltre con lento slittamento sulla parte superiore del substrato apparso a tratti plastico. Si osserva in definitiva a monte un leggero fenomeno riconducibile a deformazioni plastiche e/o soliflusso.

### **7.2 - Modellazione cinematica dell'area - Verifiche di stabilità del versante**

In conseguenza alla particolarità dello studio si è provveduto alla verifica di stabilità, in condizioni dinamiche; sulla base delle condizioni litostratigrafiche rilevate dalle varie indagini è stata calcolata con metodologia di Bishop, cautelativa per la sua sottostima dei valori di sicurezza, la stabilità del versante.

L'analisi di stabilità, la cui relazione di calcolo è posta in allegato, ha preso in considerazione i seguenti dati di progetto:

- Calcolo dei coefficienti sismici secondo le NTC 2018 secondo lo SLV;

**- Pag. 22 -**

#### **RAPPORTO GEOLOGICO**

- Profilo topografico estratto dal rilievo dell'area redatto dal progettista;
- Terreno composto da un complesso superficiale colluvioni-eluvioni- substrato alterato e fratturato a connotazione leggermente plastica appoggiato su un substrato integro consistente;
- Parametri geotecnici caratteristici a lungo termine, estrapolati dalla precedente indagine della lottizzazione fermana, ridotti secondo le NTC 2018;
- Assenza della falda.

Secondo le **NTC 2018** (v. § 6.3.4), *...il grado di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve essere giustificato sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello del calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana.*

I vari docenti **APC** che si sono espressi in materia (G. Riga, M. Ponte) raccomandano di adottare, per le verifiche di stabilità dei **versanti**, lo stesso fattore di sicurezza che il **D.M. 11.3.1988** impone per i **fronti di scavo** ovvero un fattore sicurezza **Fs non inferiore a 1,3** *...nel caso di terreni omogenei e nei quali le pressioni neutre siano note con sufficiente attendibilità, mentre nelle altre situazioni il valore del coefficiente di sicurezza da adottare deve essere scelto caso per caso, tenuto conto principalmente della complessità strutturale del sottosuolo, delle conoscenze del regime delle pressioni neutre e delle conseguenze di un eventuale fenomeno di rottura. Si deve tener conto dell'esistenza di manufatti e sovraccarichi. Nelle NTC 2018, recependo le indicazioni degli Eurocodici, le resistenze dei terreni ( $\phi$ , c) devono essere ridotti secondo determinati coefficienti (tangente angolo di resistenza al taglio = 1,25; coesione efficace = 1,25; coesione non drenata = 1,4). Introducendo questi coefficienti riduttivi, nel caso di verifica di stabilità il rapporto tra il momento delle tendenti a resistere allo slittamento e quelle a produrlo deve essere > 1. Questo significa che il fattore di sicurezza Fs non dovrà essere più necessariamente > 1,2, 1,3, ecc..*

In definitiva le analisi sono state eseguite in ottemperanza alle NTC 2018 dove nelle verifiche pseudostatiche di sicurezza si assume : **Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) cautelativa.**

Nel nostro caso specifico il fattore di sicurezza minore uscito dalla simulazione allegata risulta essere **Fs=1,15** al di sopra di **Fs=1** consigliato dalla normativa in caso di riduzione dei parametri geotecnici; **questo valore per la sua entità e per i dati di progetto largamente cautelativi, garantisce un margine discreto di sicurezza pur nella possibili variabilità della condizioni a contorno.**

## 8 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'intervento urbanistico in oggetto si riferisce alla redazione di una Variante al PRG di un'area urbanizzata consistente nella traslazione di porzioni di zonizzazione all'interno della stessa particella catastale; in particolare una zona B1, identificata come una striscia a nord della proprietà, viene spostata in aderenza alla curva stradale di Via Michelangelo rendendola utilizzabile, trasformando la striscia a nord in zona FH.

L'indagine di campo ha messo a fuoco i seguenti aspetti geologici:

- L'area in progetto non ricade all'interno di perimetrazione del P.A.I.;
- La porzione scandagliata ha mostrato costituzioni lito-stratigrafiche relativamente

omogenee. In particolare il sito presenta una deposizione eluvio-colluviale con spessore massimo di 6,20 metri che sormonta un substrato Pelitico SC;

- I sedimenti testati risultano a componente tessiturale eterogenea con predominio coesivo. Si tratta, inizialmente di sedimenti normal-consolidati di coltre, che sotto carico indotto importante entrano potenzialmente in carico subendo deformazione verticale a lungo termine per processi di consolidazione primaria e/o assestamento rapido; il substrato risulta essere da mediamente consistente a consistente;
- I controlli piezometrici, eseguiti sulle verticali d'indagine, non hanno rilevato, lungo l'area edificabile, la presenza significativa della fase liquida;
- I rilievi di campagna associati a verifiche di stabilità dell'area hanno evidenziato la stabilità generale e puntuale del settore in condizioni sismiche.

Sulla base dei dati acquisiti e delle indagini svolte, **l'edificazione di tale comparto può ritenersi fattibile da un punto di vista geologico** con le seguenti indicazioni che assumono carattere di mitigazione:

- L'assetto geidrogeologico-geotecnico del sottosuolo orienta per la scelta di tipologie di fondazioni profonde di grosso diametro, intestate in modo adeguato nella porzione consistente del substrato;

- Di prioritaria importanza la regimazione delle acque superficiali del lotto in oggetto in particolare della porzione monte in maniera di impedire una eventuale creazione di falde temporanee che possono causare problemi di stabilità agli orizzonti superficiali;

- Nella nuova sistemazione del terreno, soprattutto in riferimento alla realizzazione di eventuali locali interrati si consiglia la realizzazione di opere di contenimento strutturale munite di adeguate fondazioni profonde;

- In ogni caso per l'edificazione puntuale si richiedono ulteriori valutazioni geologiche-geotecniche puntuali in corrispondenza delle nuove impronte delle strutture previste, che valutino con accuratezza l'esatta interazione tra struttura in progetto e terreno di fondazione e gli scenari sismici da applicare alla progettazione esecutiva.

Porto San Giorgio, 17 dicembre 2020

Dott. Geol. Gianluca TESTAGUZZA



- Pag. 24 -

RAPPORTO GEOLOGICO

VARIANTE PARZIALE AL PIANO REGOLATORE CONSISTENTE NELLA TRASLAZIONE DI PORZIONI DI ZONIZZAZIONE ALL'INTERNO DELLA STESSA PRORPIETA' (Foglio 8 Particelle n.621-638- 634-645) IN VIA MICHELANGELO NEL COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

# RAPPORTO GEOLOGICO

Loc.tà: Via Michelangelo

- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- COROGRAFIA -

Elaborato: **CARTA TOPOGRAFICA**

Scala 1 : 25.000



**STUDIO GEOLOGICO**

Consulenze  
Geologiche e Ambientali

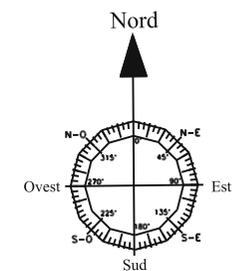
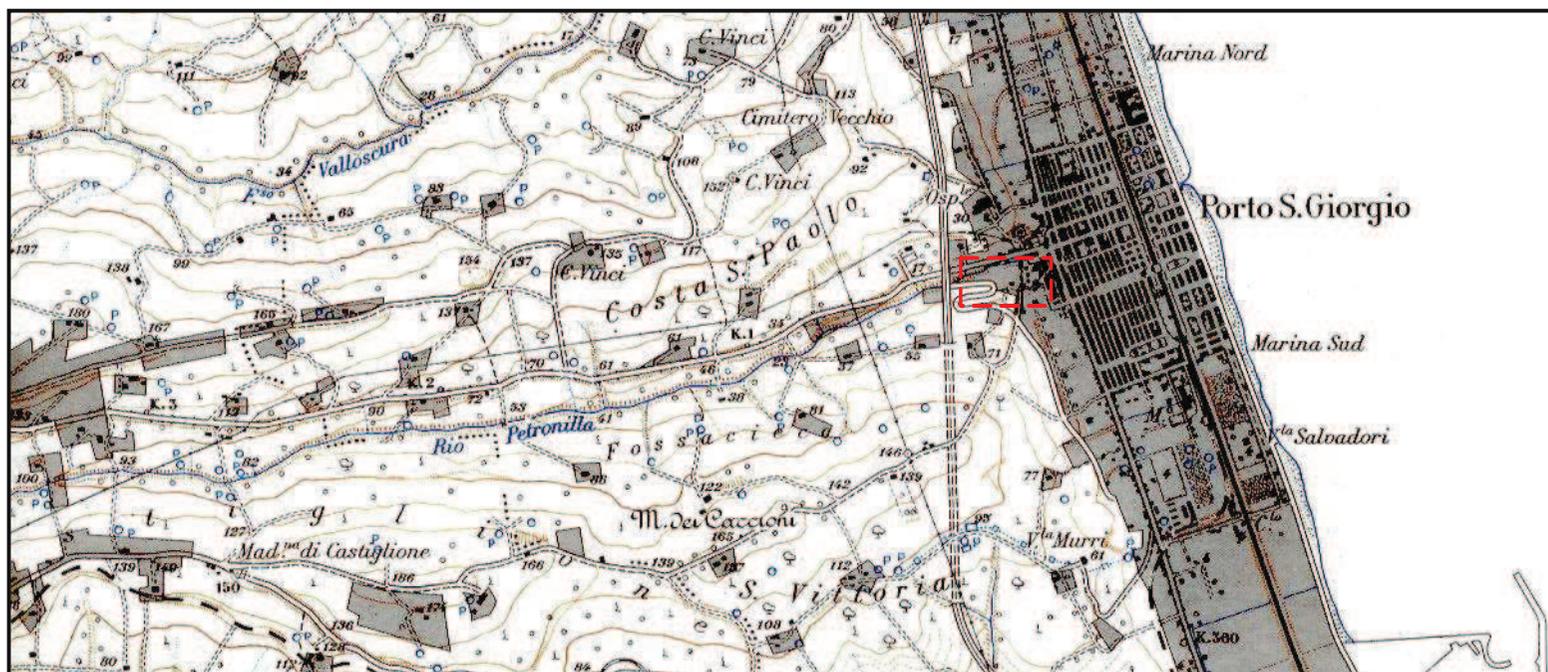
Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Via G. Boni, n. 3 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

E-mail: [g.testaguzza@tiscali.it](mailto:g.testaguzza@tiscali.it) P.E.C. [gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it](mailto:gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it)



Localizzazione area oggetto di Variante Urbanistica



# RAPPORTO GEOLOGICO

Loc.tà: Via Michelangelo  
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

## - INQUADRAMENTO GEOLOGICO -

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



### STUDIO GEOLOGICO

Consulenze  
Geologiche e Ambientali

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Via A. Costa, 429 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

E-mail: g.testaguzza@tiscali.it P.E.C. gianluca.testaguzza@epap.sicurezza.poste.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

MUSbn 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 MONTANI

(PLEISTOCENE MEDIO SOMMITALE)

ACbn Depositi alluvionali terrazzati  
ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie

#### SISTEMA DI URBISAGLIA

(PLEISTOCENE INFERIORE/MEDIO - MEDIO)

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

#### SUCCESSIONE PLIOCENICA

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 inconforme

Contatto stratigrafico o litologico incerto

Contatto stratigrafico inconforme incerto

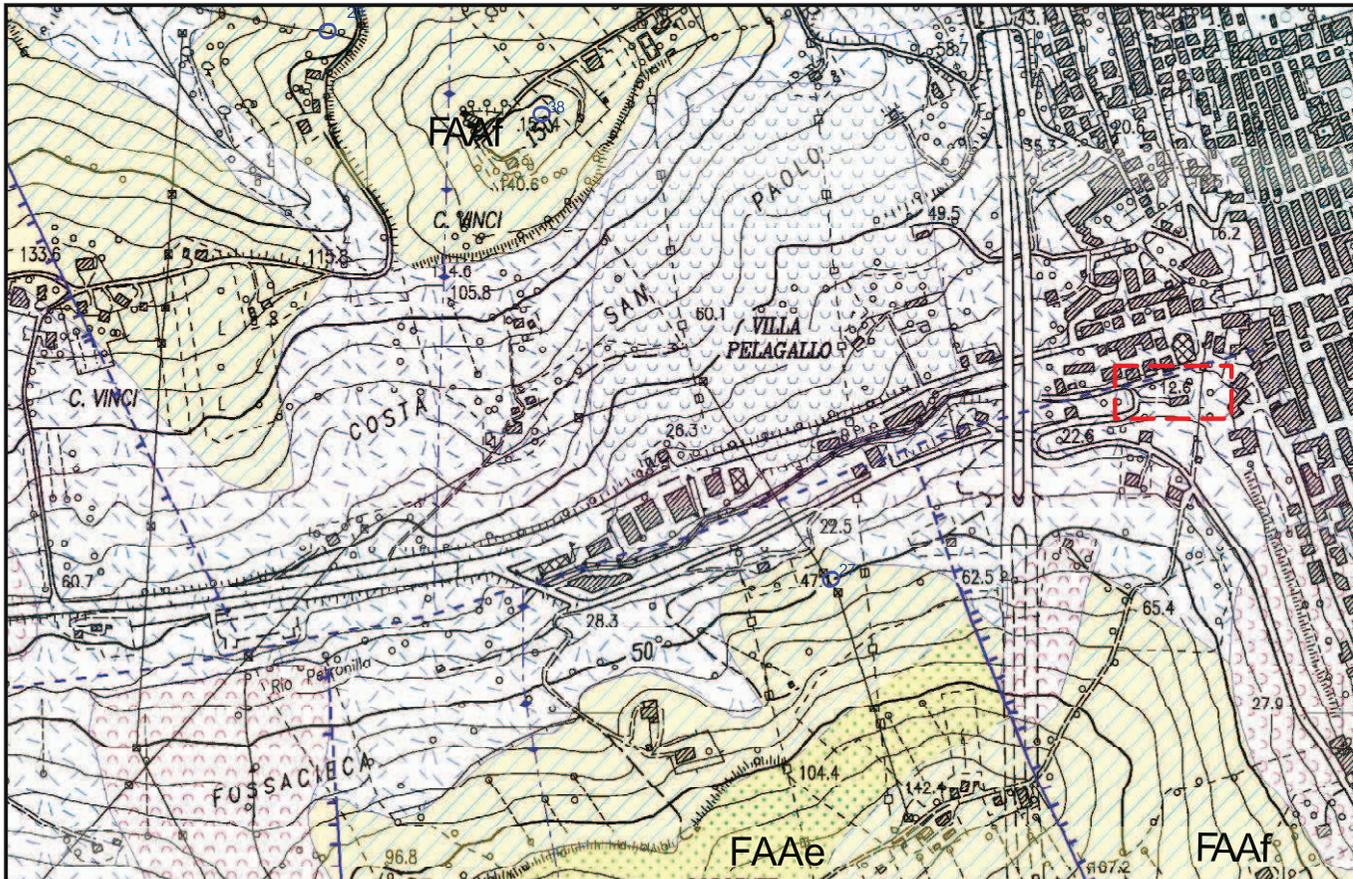
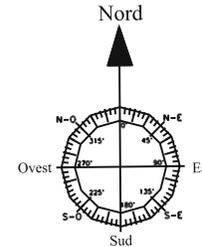
Faglia diretta

Faglia incerta o sepolta

Faglia diretta



Localizzazione area oggetto di Variante Urbanistica



# RAPPORTO GEOLOGICO

Loc.tà: Via Michelangelo  
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO -

Elaborato: **STRALCIO PRG CARTA GEOMORFOLOGICA**  
Scala 1 : 4.000



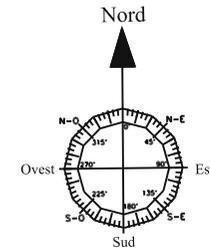
**STUDIO GEOLOGICO**

Consulenze  
Geologiche e Ambientali

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Via A. Costa, 429 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

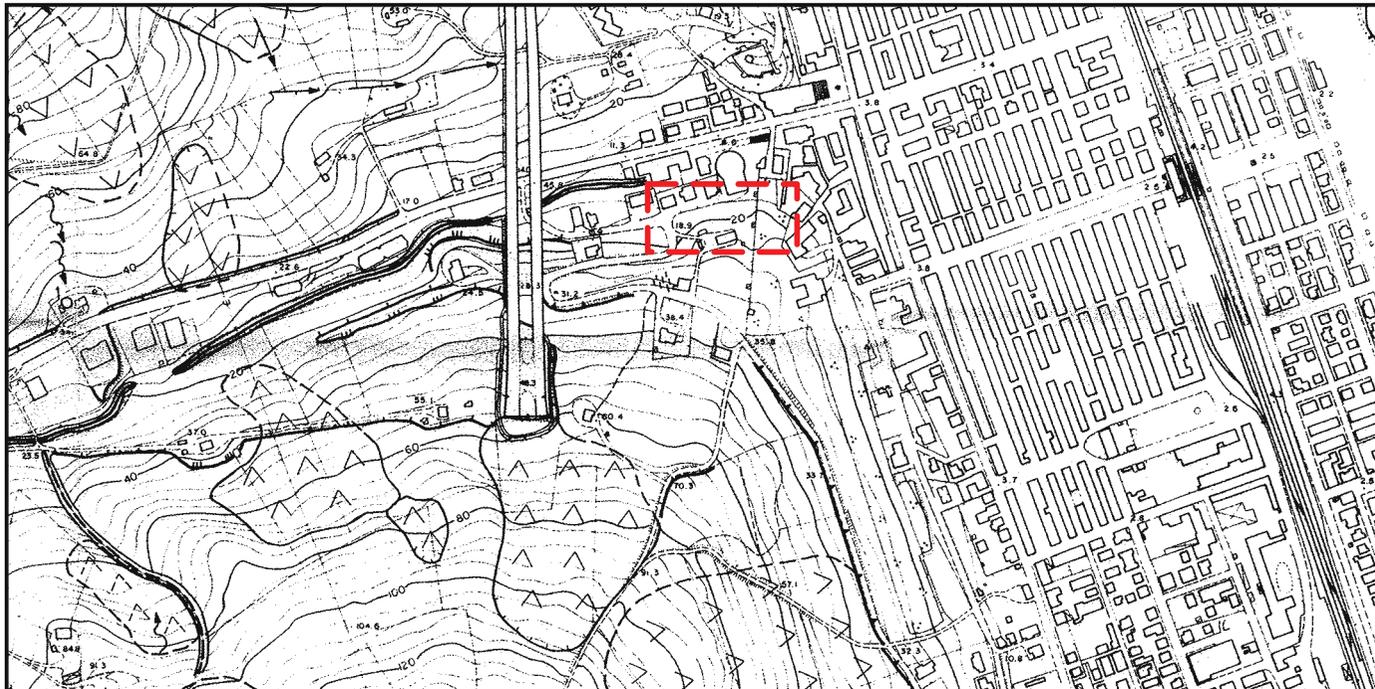
E-mail: [g.testaguzza@tiscali.it](mailto:g.testaguzza@tiscali.it) P.E.C. [gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it](mailto:gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it)



## LEGENDA

Passiva	Attiva	
		CORONA O GRADINO DI FRANA
		ACCUMULO DI FRANA
		a:colamento b:scivolamento(traslazione e/o rotazione) c:deformazioni plastiche
		ORLO DI SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE O TORRENTIZIA
		a:h<3m; b:3<h<10m; c:10<h<20m; d:h>20m
		RUSCELLAMENTO DIFFUSO
		RUSCELLAMENTO CONCENTRATO
		CALANCO
		CORSO D'ACQUA PERENNE
		CORSO D'ACQUA NON PERENNE
		LAGO ARTIFICIALE
		AREA ESONDABILE
		POZZO D'ACQUA (profondita'/livello)
		EMERGENZA D'ACQUA DIFFUSA
		SCARPATA ARTIFICIALE
		a:h<2m; b:2>h>5m; c:h>5m
		MURO DI SOSTEGNO

 Localizzazione area oggetto di Variante Urbanistica



# RAPPORTO GEOLOGICO

Loc.tà: Via Michelangelo

- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

## - CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO -

Aggiornamento 2016-Prima adozione delibera Comitato Istituzionale n. 68 dell'08/08/2016 e DGR n. 982 del 08/08/2016

Elaborato: **STRALCIO PAI**

Scala 1 : 10.000



**STUDIO GEOLOGICO**

Consulenze  
Geologiche e Ambientali

**Dott. Geol. Gianluca Testaguzza**

Via G. Boni, n. 3 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

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

## 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

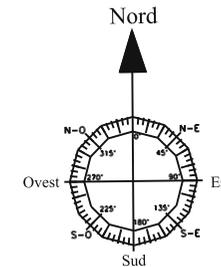
DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

numero identificativo di bacino

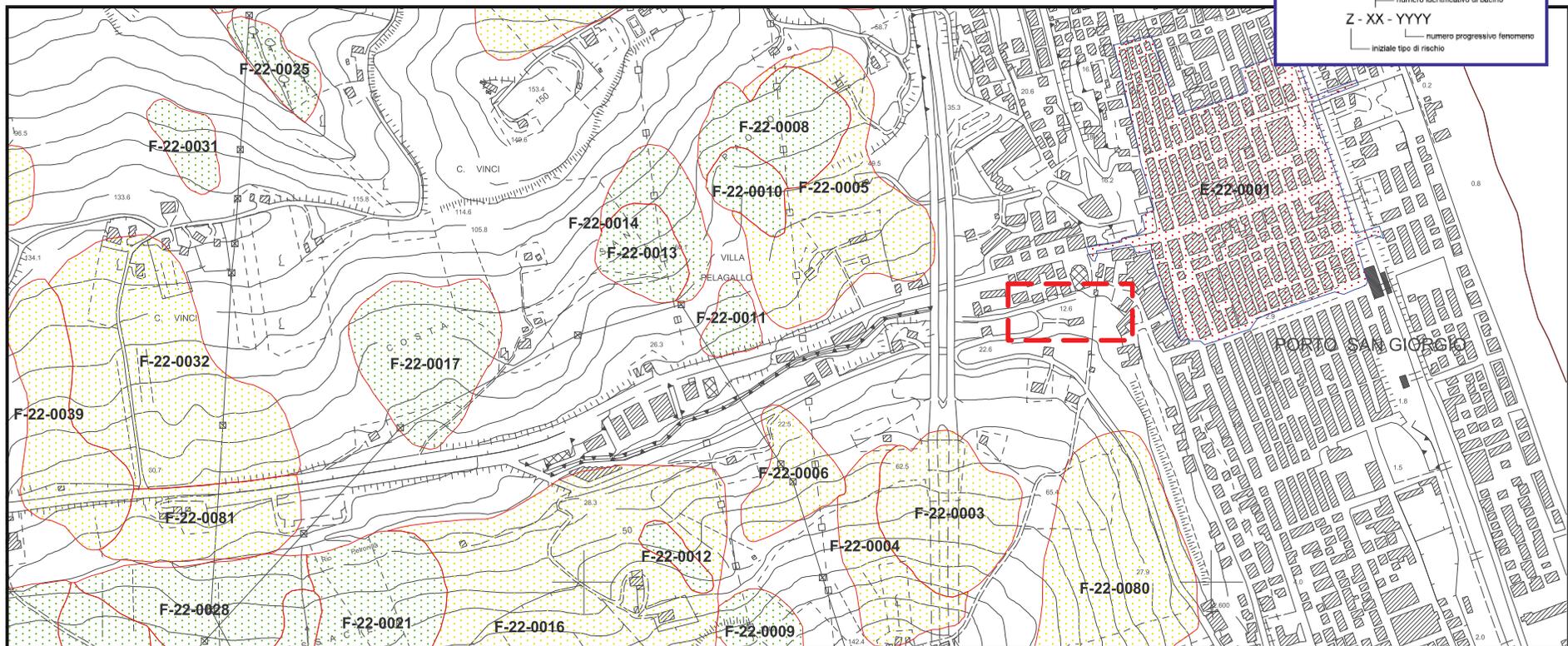
Z - XX - YYYY

numero progressivo fenomeno

iniziale tipo di rischio



Localizzazione area oggetto di Variante Urbanistica



# RAPPORTO GEOLOGICO

Loc.tà: Via Michelangelo  
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

## - PLANIMETRIA GENERALE -

Elaborato: **UBICAZIONE INDAGINI**  
Scala 1 : 500

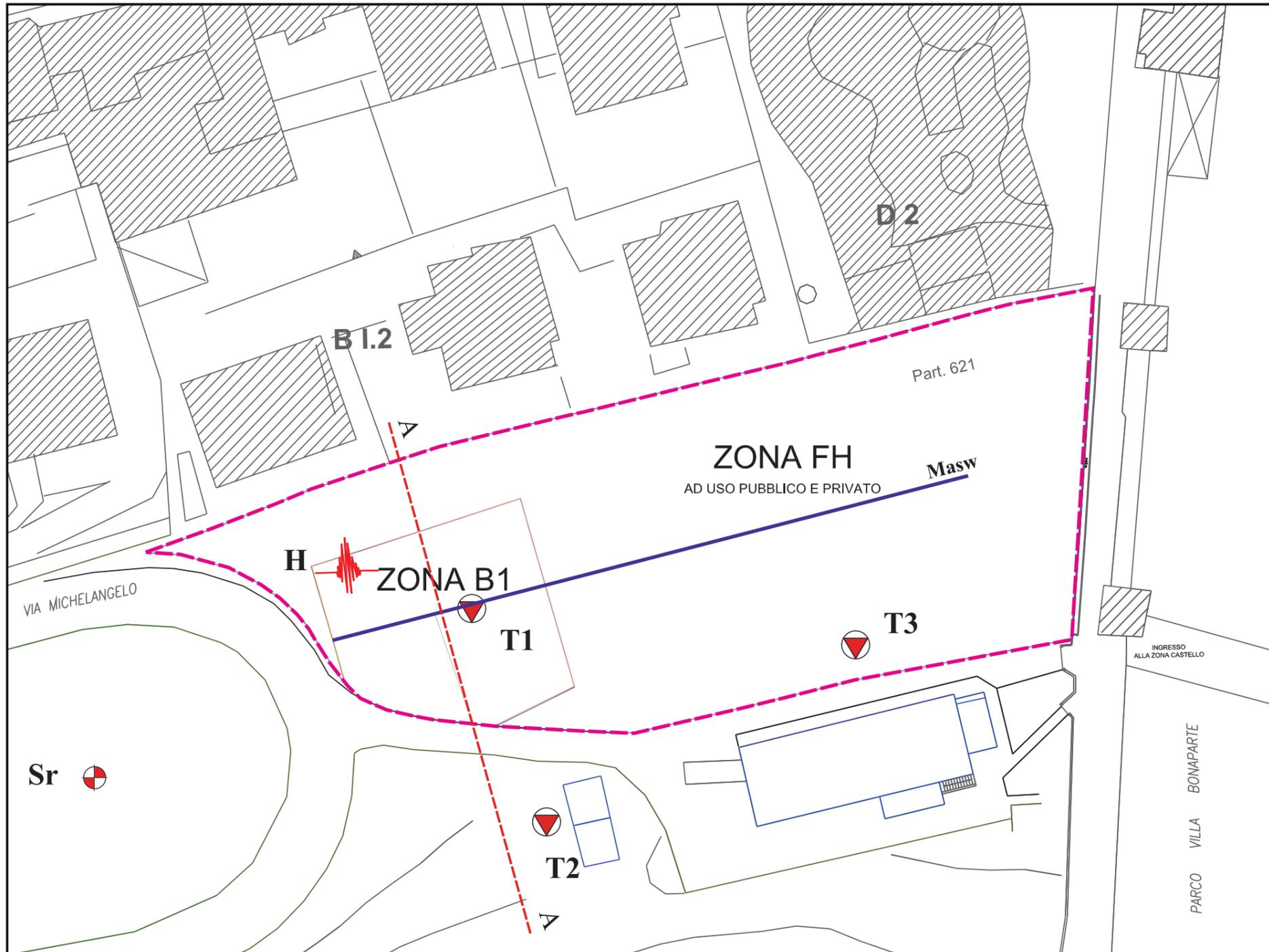
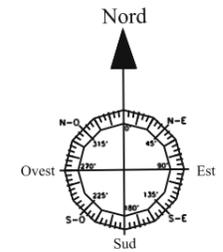


**STUDIO GEOLOGICO**

Consulenze  
Geologiche e Ambientali

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Via G. Boni, n. 3 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448  
E-mail: [g.testaguzza@tiscali.it](mailto:g.testaguzza@tiscali.it) P.E.C. [gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it](mailto:gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it)



### INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Sr**  Sondaggio geognostico reperito
- Tn**  Penetrometria Cpt eseguita
- Masw**  Sismica Masw eseguita
- H**  Indagine sismica passiva HVSR eseguita
- A**  Traccia di sezione stratigrafica
-  Localizzazione area oggetto di Variante Urbanistica

sondaggio: **S1**

data: 19 Febbraio 2003

cantiere: via Michelangelo n° 55 - PORTO SAN GIORGIO (AP)

metodo di perforazione: rotazione a secco

committente: BITONTO Pasquale

diametro perforazione:  $\phi$  200 mm**STRATIGRAFIA**

		Litologia		R <sub>D</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	campioni prelevati	osservazioni
	prof. dal p.c. (ml)	falde acquifere				
	0.30		<b>TERRENO VEGETALE</b>			
1.00			<b>DEPOSITI COLLUVIALI:</b>	3.0		
	1.40		limi argillosi e argille limose nocciola-brunastre, di media consistenza	2.5		
2.00			<b>SUBSTRATO ALTERATO:</b>	4.3		
			argille limose nocciola con macule e screziature grigiastre, alterate e fratturate; <u>consistenza medio-alta</u>	3.0		
3.00				4.8		
				3.8		
4.00				3.8		
			da m 4.40 argille grigiastre, debole alterazione, <u>molto consistenti</u>	4.8		
5.00				3.2		
	5.50			4.0		
6.00			<b>SUBSTRATO:</b>	5.0		
			argille marnose grigio-azzurre, stratificate, <u>molto consistenti</u>	>6		
7.00				>6		
8.00				>6		
9.00				>6		
10.00	10.00			>6		
11.00						
12.00						
13.00						
14.00						
15.00						
16.00						
17.00						
18.00						
19.00						
20.00						

**Sr****Documentazione reperita**

NOTA:  
quota fine sondaggio 10.00 m  
sondaggio asciutto



## PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Dott. Geol. Testaguzza Gianluca  
Cantiere: via Michelangelo  
Località: Porto San Giorgio

### Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

# PROVA ... Nr.1



Committente: Dott. Geol. Testaguzza Gianluca  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 18/11/2020  
 Profondità prova: 9,60 mt  
 Località: Porto San Giorgio

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	13,00	22,0	13,0	1,4	9,286	10,8
0,40	28,00	49,0	28,0	1,93	14,508	6,9
0,60	48,00	77,0	48,0	2,67	17,978	5,6
0,80	62,00	102,0	62,0	2,27	27,313	3,7
1,00	57,00	91,0	57,0	3,27	17,431	5,7
1,20	59,00	108,0	59,0	2,93	20,137	5,0
1,40	75,00	119,0	75,0	3,6	20,833	4,8
1,60	71,00	125,0	71,0	5,53	12,839	7,8
1,80	60,00	143,0	60,0	6,13	9,788	10,2
2,00	51,00	143,0	51,0	5,47	9,324	10,7
2,20	45,00	127,0	45,0	4,73	9,514	10,5
2,40	46,00	117,0	46,0	4,53	10,155	9,8
2,60	52,00	120,0	52,0	5,07	10,256	9,8
2,80	68,00	144,0	68,0	4,93	13,793	7,3
3,00	59,00	133,0	59,0	5,6	10,536	9,5
3,20	59,00	143,0	59,0	4,07	14,496	6,9
3,40	48,00	109,0	48,0	3,6	13,333	7,5
3,60	43,00	97,0	43,0	3,4	12,647	7,9
3,80	34,00	85,0	34,0	2,87	11,847	8,4
4,00	27,00	70,0	27,0	2,4	11,25	8,9
4,20	28,00	64,0	28,0	2,33	12,017	8,3
4,40	31,00	66,0	31,0	2,07	14,976	6,7
4,60	28,00	59,0	28,0	2,27	12,335	8,1
4,80	23,00	57,0	23,0	2,07	11,111	9,0
5,00	20,00	51,0	20,0	1,47	13,605	7,4
5,20	16,00	38,0	16,0	1,13	14,159	7,1
5,40	15,00	32,0	15,0	1,27	11,811	8,5
5,60	13,00	32,0	13,0	1,0	13,0	7,7
5,80	21,00	36,0	21,0	1,33	15,789	6,3
6,00	24,00	44,0	24,0	2,13	11,268	8,9
6,20	29,00	61,0	29,0	2,13	13,615	7,3
6,40	39,00	71,0	39,0	2,2	17,727	5,6
6,60	36,00	69,0	36,0	3,27	11,009	9,1
6,80	47,00	96,0	47,0	3,0	15,667	6,4
7,00	61,00	106,0	61,0	3,87	15,762	6,3
7,20	63,00	121,0	63,0	4,13	15,254	6,6
7,40	66,00	128,0	66,0	4,33	15,242	6,6
7,60	75,00	140,0	75,0	3,93	19,084	5,2
7,80	76,00	135,0	76,0	3,33	22,823	4,4
8,00	75,00	125,0	75,0	3,13	23,962	4,2
8,20	74,00	121,0	74,0	3,0	24,667	4,1
8,40	80,00	125,0	80,0	3,13	25,559	3,9
8,60	75,00	122,0	75,0	4,0	18,75	5,3

8,80	74,00	134,0	74,0	3,4	21,765	4,6
9,00	67,00	118,0	67,0	4,33	15,473	6,5
9,20	80,00	145,0	80,0	4,33	18,476	5,4
9,40	85,00	150,0	85,0	4,13	20,581	4,9
9,60	81,00	143,0	81,0	4,2	19,286	5,2

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,60	52,44444	3,951667	2,1	Coesivo	limo argilloso sabbioso essiccato
6,20	23,76923	1,882308	2,0	Coesivo	limo argilloso
7,00	45,75	3,085	2,1	Coesivo	argilla limoso sabbiosa
9,60	74,69231	3,797693	2,2	-Coesivo	argilla limosa

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	Terzaghi	2,6
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	Terzaghi	1,2
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	Terzaghi	2,3
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	Terzaghi	3,7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	104,9
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	Metodo generale del modulo Edometrico	47,5
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	Metodo generale del modulo Edometrico	91,5
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	Metodo generale del modulo Edometrico	149,4

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	Cancelli 1980	1952,5
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	Cancelli 1980	853,2
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	Cancelli 1980	1664,6
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	Cancelli 1980	2736,1

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	Imai & Tomauchi	314,7
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	Imai & Tomauchi	194,0
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	Imai & Tomauchi	289,5
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	Imai & Tomauchi	390,6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	P.W.Mayne 1991	9
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	P.W.Mayne 1991	4,55
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	P.W.Mayne 1991	8,95
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	P.W.Mayne 1991	9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	Meyerhof	2,1
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	Meyerhof	2,2

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	0,10453	0,01359
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	0,12295	0,01598
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	0,10798	0,01404
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	0,09772	0,0127

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,60	52,44444	3,951667	0,4	0,4	Meyerhof	2,2
Strato 2	6,20	23,76923	1,882308	1,0	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 3	7,00	45,75	3,085	1,4	1,4	Meyerhof	2,2
Strato 4	9,60	74,69231	3,797693	1,7	1,7	Meyerhof	2,3

## PROVA ... Nr.2



Committente: Dott. Geol. Testaguzza Gianluca  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 18/11/2020  
 Profondità prova: 7,60 mt  
 Località: Porto San Giorgio

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	28,00	32,0	28,138	1,867	15,071	6,6
0,40	36,00	64,0	36,138	2,733	13,223	7,6
0,60	37,00	78,0	37,138	2,533	14,662	6,8
0,80	51,00	89,0	51,138	3,0	17,046	5,9
1,00	56,00	101,0	56,138	4,267	13,156	7,6
1,20	58,00	122,0	58,276	4,267	13,657	7,3
1,40	45,00	109,0	45,276	4,333	10,449	9,6
1,60	39,00	104,0	39,276	4,333	9,064	11,0
1,80	36,00	101,0	36,276	3,2	11,336	8,8
2,00	41,00	89,0	41,276	3,8	10,862	9,2
2,20	48,00	105,0	48,414	3,333	14,526	6,9
2,40	46,00	96,0	46,414	3,067	15,133	6,6
2,60	49,00	95,0	49,414	3,733	13,237	7,6
2,80	44,00	100,0	44,414	3,467	12,81	7,8
3,00	43,00	95,0	43,414	2,8	15,505	6,4
3,20	38,00	80,0	38,552	2,467	15,627	6,4
3,40	34,00	71,0	34,552	2,333	14,81	6,8
3,60	29,00	64,0	29,552	2,2	13,433	7,4
3,80	29,00	62,0	29,552	2,267	13,036	7,7
4,00	31,00	65,0	31,552	2,0	15,776	6,3
4,20	26,00	56,0	26,69	1,6	16,681	6,0
4,40	35,00	59,0	35,69	2,467	14,467	6,9
4,60	36,00	73,0	36,69	1,867	19,652	5,1
4,80	58,00	86,0	58,69	2,533	23,17	4,3
5,00	39,00	77,0	39,69	2,333	17,012	5,9
5,20	39,00	74,0	39,828	2,467	16,144	6,2
5,40	43,00	80,0	43,828	2,8	15,653	6,4
5,60	38,00	80,0	38,828	2,667	14,559	6,9
5,80	34,00	74,0	34,828	2,6	13,395	7,5
6,00	34,00	73,0	34,828	2,267	15,363	6,5
6,20	47,00	81,0	47,966	2,8	17,131	5,8
6,40	58,00	100,0	58,966	3,4	17,343	5,8
6,60	77,00	128,0	77,966	3,0	25,989	3,8
6,80	75,00	120,0	75,966	3,267	23,253	4,3
7,00	54,00	103,0	54,966	3,133	17,544	5,7
7,20	49,00	96,0	50,104	2,2	22,775	4,4
7,40	71,00	104,0	72,104	3,333	21,633	4,6
7,60	83,00	133,0	84,104	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,20	43,73075	3,325	2,1	Coesivo	limo argilloso sabbioso essiccato
4,40	31,26467	2,1445	2,0	Coesivo	limo argilloso
6,40	43,4142	2,5734	2,1	Coesivo	argilla limoso sabbiosa
7,60	69,20167	2,488833	2,2	Coesivo	argilla limosa

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	Terzaghi	2,2
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	Terzaghi	1,6
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	Terzaghi	2,2
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	Terzaghi	3,5

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	87,5
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	Metodo generale del modulo Edometrico	62,5
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	Metodo generale del modulo Edometrico	86,8
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	Metodo generale del modulo Edometrico	138,4

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	Cancelli 1980	1627,3
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	Cancelli 1980	1142,7
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	Cancelli 1980	1586,0
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	Cancelli 1980	2540,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	Imai & Tomauchi	281,6
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	Imai & Tomauchi	229,4
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	Imai & Tomauchi	280,4
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	Imai & Tomauchi	372,8

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	P.W.Mayne 1991	8,55
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	P.W.Mayne 1991	6,05
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	P.W.Mayne 1991	8,48
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	P.W.Mayne 1991	9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	Meyerhof	2,0
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	Meyerhof	2,2

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	0,10923	0,0142
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	0,12017	0,01562
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	0,10943	0,01423
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	0,09893	0,01286

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,20	43,73075	3,325	0,3	0,3	Meyerhof	2,2
Strato 2	4,40	31,26467	2,1445	0,8	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 3	6,40	43,4142	2,5734	1,1	1,1	Meyerhof	2,2
Strato 4	7,60	69,20167	2,488833	1,5	1,5	Meyerhof	2,3

## PROVA ... Nr.3



Committente: Dott. Geol. Testaguzza Gianluca  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 18/11/2020  
 Profondità prova: 12,20 mt  
 Località: Porto San Giorgio

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	36,00	48,0	36,138	1,333	27,11	3,7
0,40	49,00	69,0	49,138	2,4	20,474	4,9
0,60	51,00	87,0	51,138	2,533	20,189	5,0
0,80	48,00	86,0	48,138	2,333	20,634	4,8
1,00	49,00	84,0	49,138	2,267	21,675	4,6
1,20	54,00	88,0	54,276	2,067	26,258	3,8
1,40	63,00	94,0	63,276	3,867	16,363	6,1
1,60	57,00	115,0	57,276	4,467	12,822	7,8
1,80	52,00	119,0	52,276	5,133	10,184	9,8
2,00	57,00	134,0	57,276	5,267	10,875	9,2
2,20	50,00	129,0	50,414	5,4	9,336	10,7
2,40	36,00	117,0	36,414	4,133	8,811	11,4
2,60	26,00	88,0	26,414	2,467	10,707	9,3
2,80	19,00	56,0	19,414	1,6	12,134	8,2
3,00	11,00	35,0	11,414	1,0	11,414	8,8
3,20	9,00	24,0	9,552	0,8	11,94	8,4
3,40	10,00	22,0	10,552	0,867	12,171	8,2
3,60	9,00	22,0	9,552	0,667	14,321	7,0
3,80	6,00	16,0	6,552	0,667	9,823	10,2
4,00	8,00	18,0	8,552	0,8	10,69	9,4
4,20	10,00	22,0	10,69	0,933	11,458	8,7
4,40	8,00	22,0	8,69	0,933	9,314	10,7
4,60	8,00	22,0	8,69	0,867	10,023	10,0
4,80	8,00	21,0	8,69	0,867	10,023	10,0
5,00	7,00	20,0	7,69	1,267	6,069	16,5
5,20	10,00	29,0	10,828	1,067	10,148	9,9
5,40	19,00	35,0	19,828	0,933	21,252	4,7
5,60	24,00	38,0	24,828	1,2	20,69	4,8
5,80	25,00	43,0	25,828	1,067	24,206	4,1
6,00	27,00	43,0	27,828	1,333	20,876	4,8
6,20	28,00	48,0	28,966	1,467	19,745	5,1
6,40	31,00	53,0	31,966	2,067	15,465	6,5
6,60	34,00	65,0	34,966	3,2	10,927	9,2
6,80	62,00	110,0	62,966	2,4	26,236	3,8
7,00	66,00	102,0	66,966	2,733	24,503	4,1
7,20	60,00	101,0	61,104	2,733	22,358	4,5
7,40	66,00	107,0	67,104	2,867	23,406	4,3
7,60	57,00	100,0	58,104	3,867	15,026	6,7
7,80	43,00	101,0	44,104	2,333	18,904	5,3
8,00	53,00	88,0	54,104	2,467	21,931	4,6
8,20	66,00	103,0	67,242	4,133	16,27	6,1
8,40	59,00	121,0	60,242	3,067	19,642	5,1
8,60	74,00	120,0	75,242	3,733	20,156	5,0

8,80	92,00	148,0	93,242	3,733	24,978	4,0
9,00	87,00	143,0	88,242	4,2	21,01	4,8
9,20	80,00	143,0	81,38	3,6	22,606	4,4
9,40	81,00	135,0	82,38	2,933	28,087	3,6
9,60	86,00	130,0	87,38	3,533	24,733	4,0
9,80	57,00	110,0	58,38	3,667	15,92	6,3
10,00	72,00	127,0	73,38	3,333	22,016	4,5
10,20	74,00	124,0	75,518	4,067	18,568	5,4
10,40	51,00	112,0	52,518	3,8	13,821	7,2
10,60	54,00	111,0	55,518	2,867	19,364	5,2
10,80	57,00	100,0	58,518	3,133	18,678	5,4
11,00	60,00	107,0	61,518	3,6	17,088	5,9
11,20	60,00	114,0	61,656	4,467	13,803	7,2
11,40	70,00	137,0	71,656	3,4	21,075	4,7
11,60	69,00	120,0	70,656	2,867	24,645	4,1
11,80	70,00	113,0	71,656	2,333	30,714	3,3
12,00	76,00	111,0	77,656	2,6	29,868	3,3
12,20	81,00	120,0	81,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,80	46,48043	3,233357	2,1	Incoerente-Coesivo	limo argilloso sabbioso essiccato
5,40	10,09846	0,897539	1,8	Incoerente-Coesivo	limo argilloso
8,00	45,29493	2,287231	2,1	Incoerente-Coesivo	argilla limoso sabbiosa
12,20	71,66571	3,288857	2,2	Incoerente-Coesivo	argilla limosa

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

##### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	Terzaghi	2,3
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	Terzaghi	0,5
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	Terzaghi	2,3
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	Terzaghi	3,6

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	93,0
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	Metodo generale del modulo Edometrico	43,7
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	Metodo generale del modulo Edometrico	90,6
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	Metodo generale del modulo Edometrico	143,3

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	Cancelli 1980	1732,0
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	Cancelli 1980	347,9
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	Cancelli 1980	1648,7
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	Cancelli 1980	2610,1

## Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	Imai & Tomauchi	292,3
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	Imai & Tomauchi	115,0
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	Imai & Tomauchi	287,7
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	Imai & Tomauchi	380,8

## Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	P.W.Mayne 1991	9
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	P.W.Mayne 1991	1,82
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	P.W.Mayne 1991	8,86
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	P.W.Mayne 1991	9

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	Meyerhof	2,2

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	0,10756	0,01398
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	0,1987	0,02583
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	0,10825	0,01407
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	0,09836	0,01279

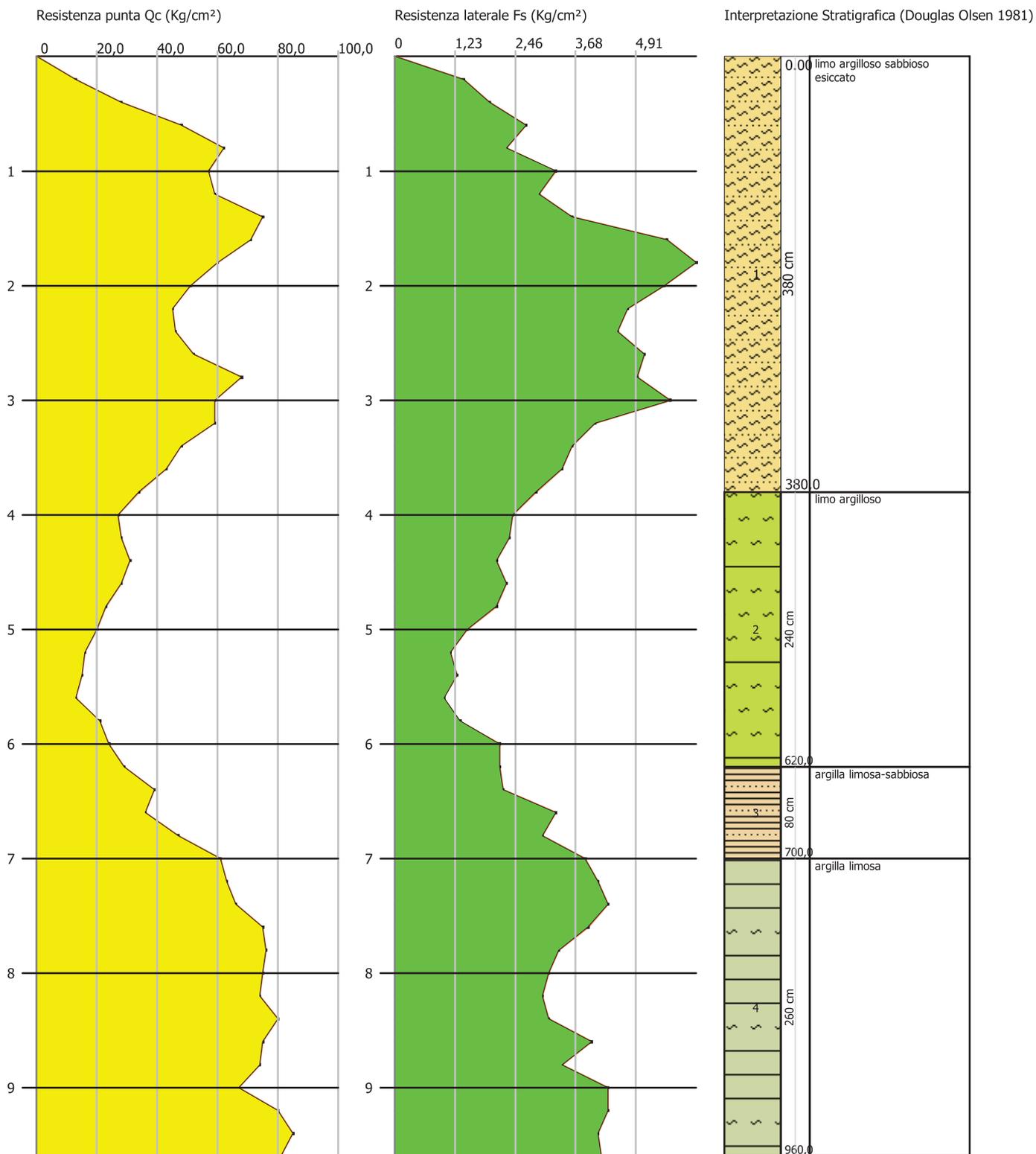
## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,80	46,48043	3,233357	0,3	0,3	Meyerhof	2,2
Strato 2	5,40	10,09846	0,897539	0,8	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 3	8,00	45,29493	2,287231	1,3	1,3	Meyerhof	2,2
Strato 4	12,20	71,66571	3,288857	2,1	2,1	Meyerhof	2,3

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

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

Data: 18/11/2020

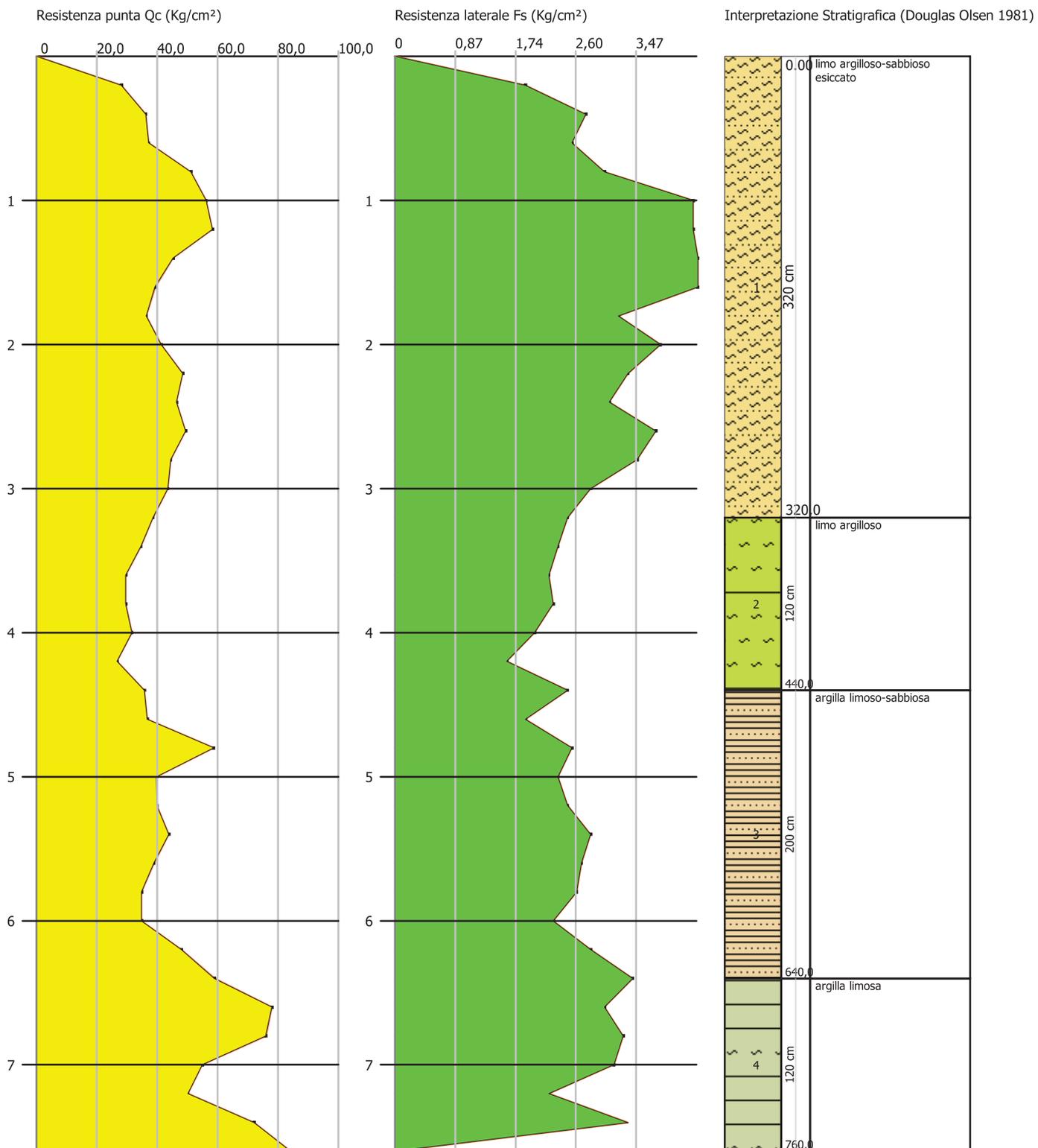




Probe CPT - Cone Penetration Nr.2  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

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

Data: 18/11/2020



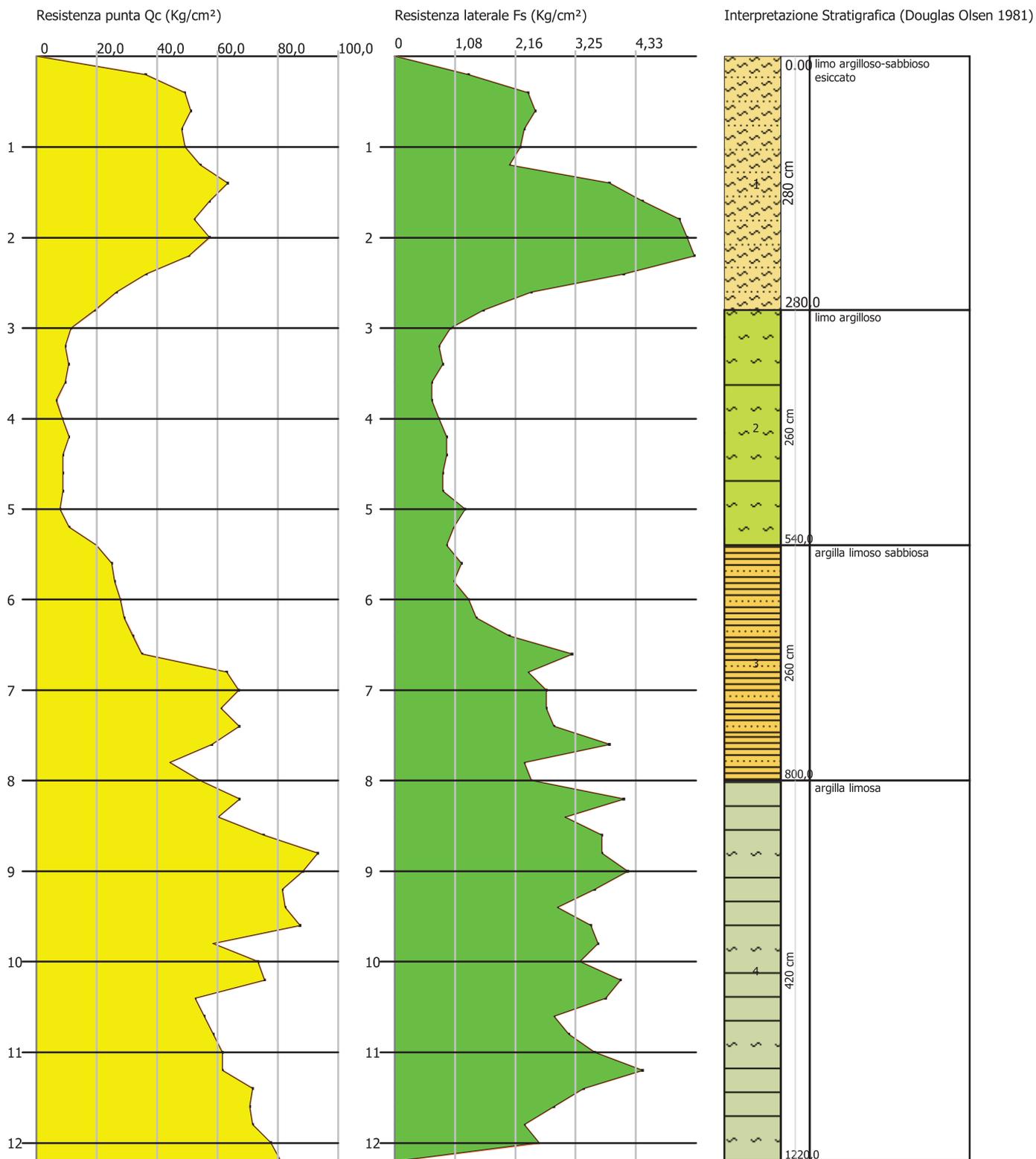


Probe CPT - Cone Penetration Nr.3  
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:  
 Cantiere:  
 Località:

Testaguzza  
 via Michelangelo  
 Porto San Giorgio

Data: 18/11/2020



# RAPPORTO GEOLOGICO

Loc.tà: Via Michelangelo

- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- SEZIONE A/A -

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



STUDIO GEOLOGICO

Consulenze  
Geologiche e Ambientali

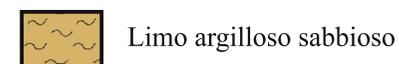
Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Via G. Boni, n. 3 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

E-mail: [g.testaguzza@tiscali.it](mailto:g.testaguzza@tiscali.it) P.E.C. [gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it](mailto:gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it)

## LEGENDA

### DEPOSITI COLLUVIALI



Limo argilloso sabbioso

### DEPOSITI COLLUVIALI



Limo argilloso

### DEPOSITI DI SUBSTRATO

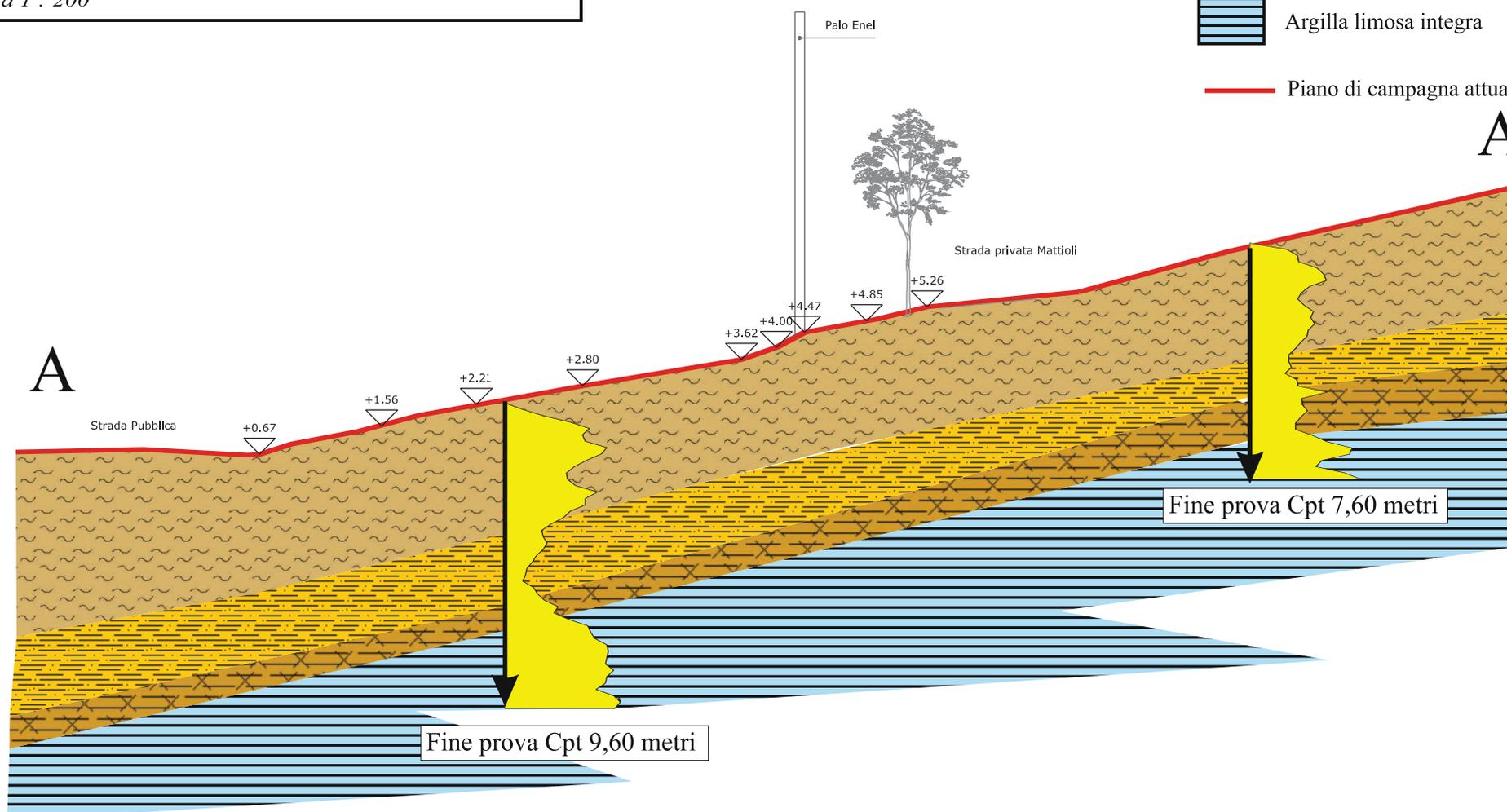


Argilla limosa alterata



Argilla limosa integra

— Piano di campagna attuale



**INDAGINE GEOFISICA MASW**  
(Multichannel Analysis of Surface Waves)  
**MASW 1**

<b>Data di esecuzione</b>	24/11/2020
<b>Cantiere</b>	Località Porto San Giorgio (FM)
<b>Committente</b>	Geologo Gianluca Testaguzza
<b>Localizzazione</b>	43.179175, 13.791056



Fig. 1 - Linea sismica - masw 1

**LANDSAKE di Paolo Mangano**  
Porto San Giorgio (FM)  
[landsake2019@aruba.it](mailto:landsake2019@aruba.it)  
+39 338 338 8438

*Paolo Mangano*

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) si basa sulla misura delle onde superficiali eseguito con un dispositivo lineare di sensori sismici e una sorgente artificiale.

La procedura eseguita consiste in **tre step principali**:

- **l'acquisizione dei dati sismici sul terreno** prevede l'utilizzo di una sorgente tramite la quale creare una perturbazione sismica che si propaga lungo la superficie libera che viene rilevata da più ricevitori, geofoni orizzontali a bassa frequenza, posti lungo uno stendimento lineare sul piano campagna; sono state effettuate più energizzazioni ai due lati opposti dello stendimento per confrontare i risultati;

- **l'elaborazione** dei dati mediante l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) per la stima delle curve di dispersione sperimentali;

- **e l'inversione delle curve di dispersione**, condotta attraverso la parametrizzazione del sottosuolo assunto come un mezzo elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi e volta alla stima del profilo verticale di VS che costituisce il risultato della prova.

### **Acquisizione di tipo attivo THF (Onde di Love)**

#### **Strumentazione utilizzata**

Sismografo digitale Pasi mod. GEA 24 (scheda di acquisizione 24 bit)

Geofoni orizzontali (frq. propria 4.5 Hz)..... n° 12

Fonte di energizzazione ..... massa battente Kg 6

#### **Configurazione acquisizione**

Distanza intergeofonica.....3.00 m

Distanza 1° geofono / punto di battuta..... 8.00 m

Direzione stendimento..... E-W

Punto di battuta..... lato E

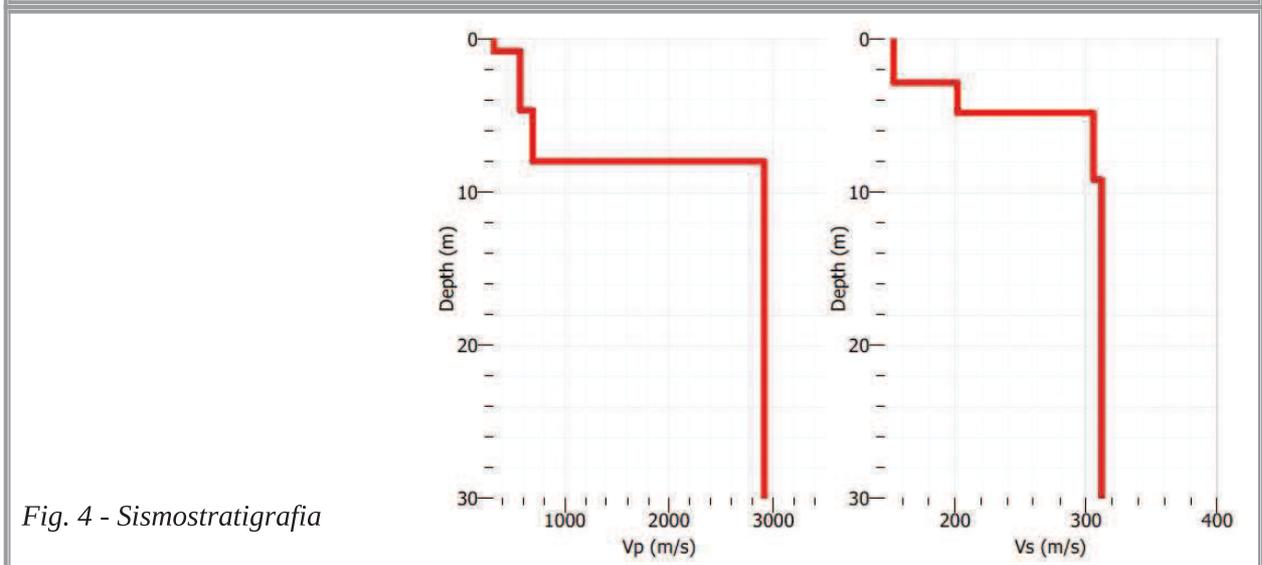
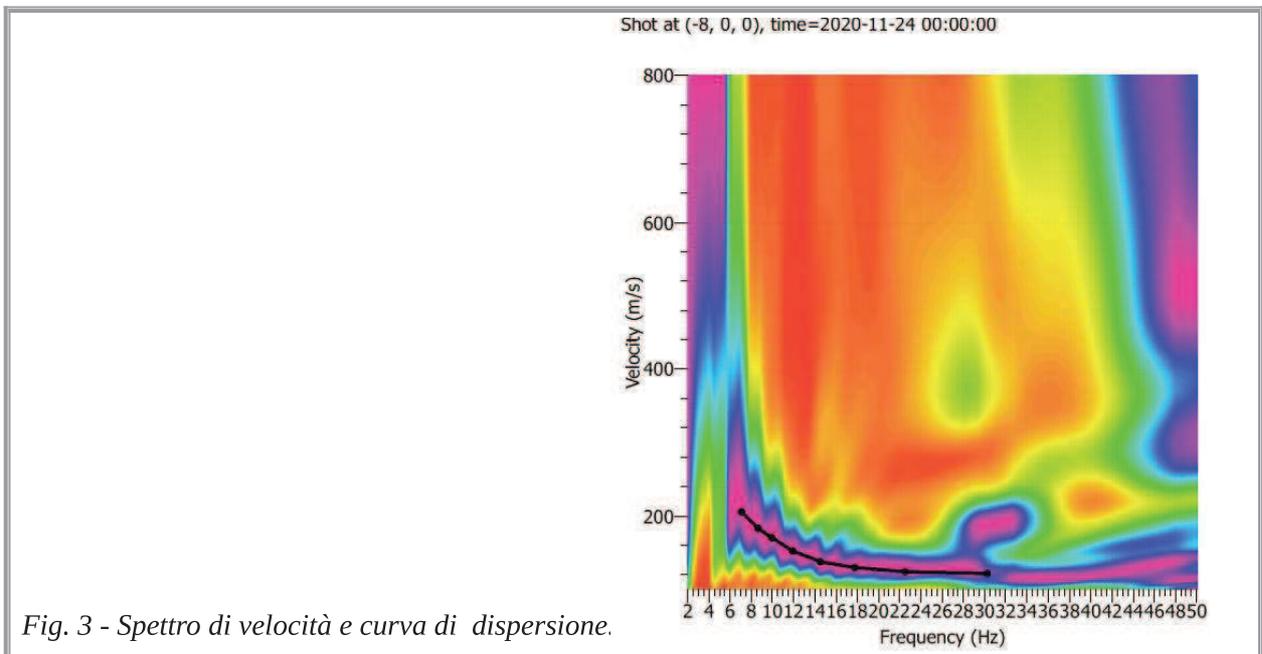
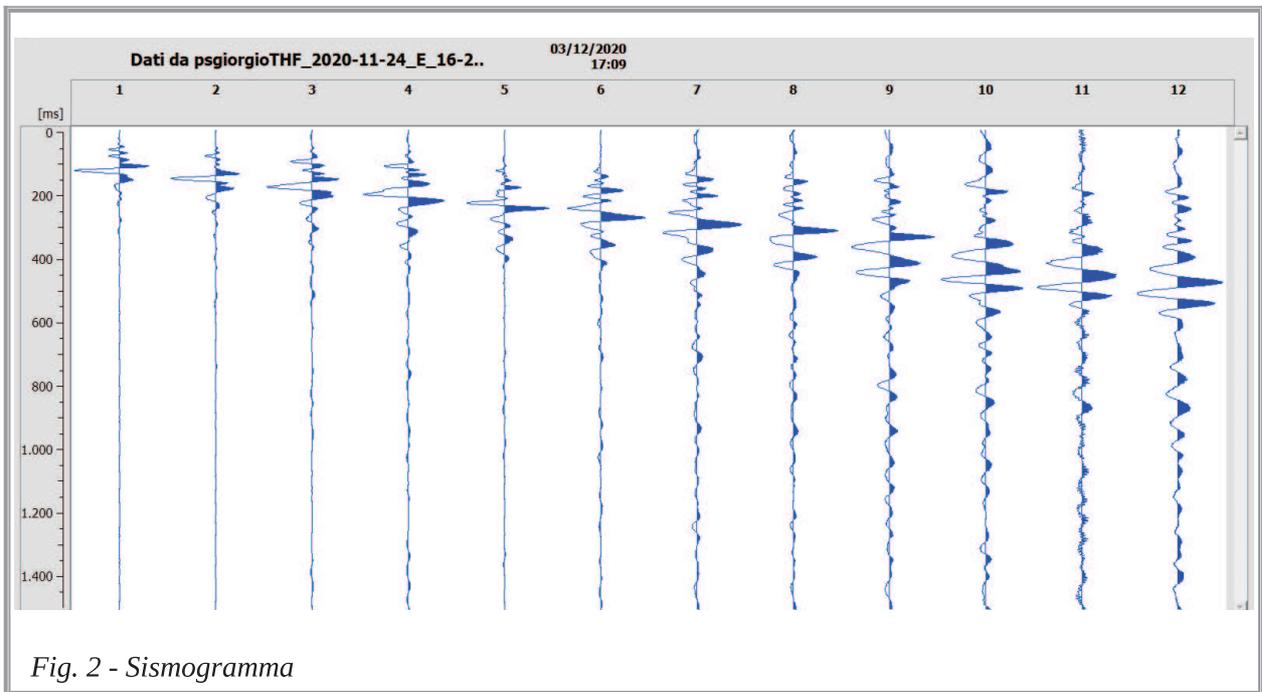
Campionamento..... 1 ms – 1000 Hz

Tempo di acquisizione..... 1500 ms

Stacking ..... n°3

#### **Software di elaborazione**

“Dinver”, “Geopsy”



**Caratteristiche dei sismostrati**

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)
1	3	3	151	3	3	0,019868
2	4,8	1,8	200	4,8	1,8	0,009000
3	9	4,2	304	9	4,2	0,013816
4	32	23	312	30	21	0,067308

*Fig. 5 - Inversione***RISULTATI:**

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

**V<sub>s,eq</sub>** velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio

H profondità del bedrock sismico

n numero degli strati

h<sub>i</sub> spessore dello strato i-esimoV<sub>s,i</sub> velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo**Velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio / categoria del sottosuolo NTC2018:****V<sub>s,eq</sub> = 273 m/s****Categoria: C**

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.





*Fig. 6 - Documentazione fotografica*

## STATION INFORMATION

Station code: Hv1

Model: SARA SR04

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

## PLACE INFORMATION

Place ID: Mattioli - Ricci

Address: Via Michelangelo - Porto San Giorgio

Latitude: 4781412 m N

Longitude: 401729 m E

Coordinate system: UTM-33T

Elevation: 17 m s.l.m.

Weather: Soleggiato con assenza di ventilazione

Notes: Misura eseguita con disturbo del traffico su via Michelangelo

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

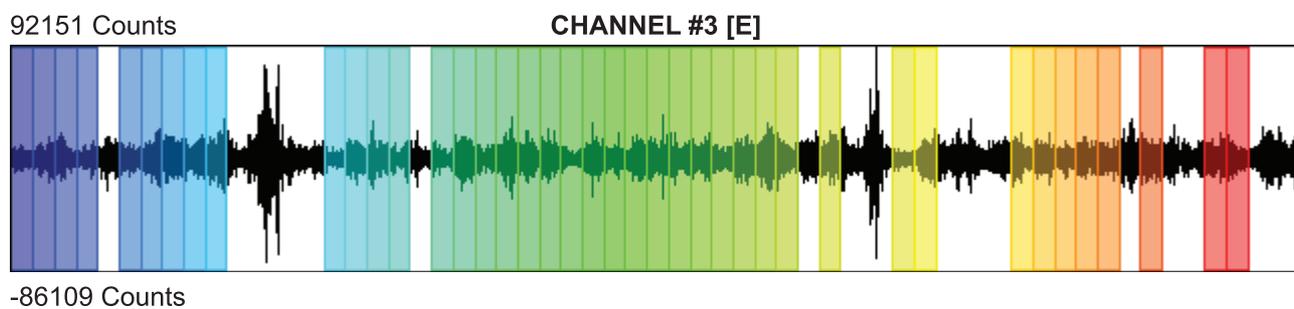
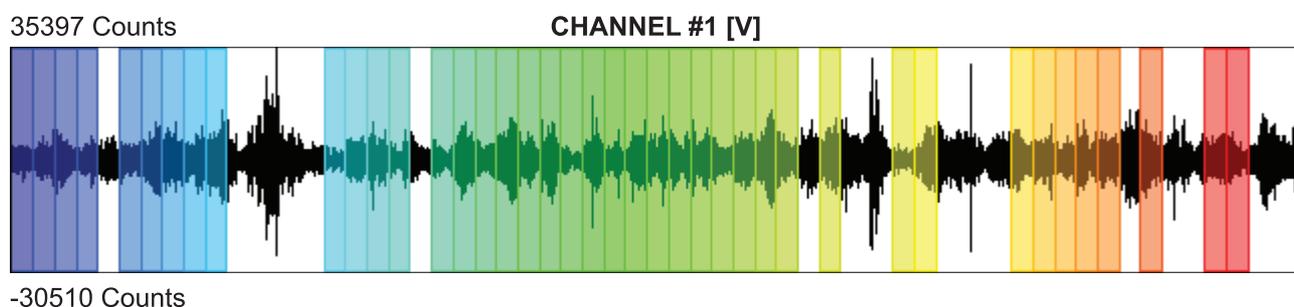
Recording start time: 2020/10/10 11:24:36

Recording length: 20 min

Windows count: 41

Average windows length: 20

Signal coverage: 68.33%



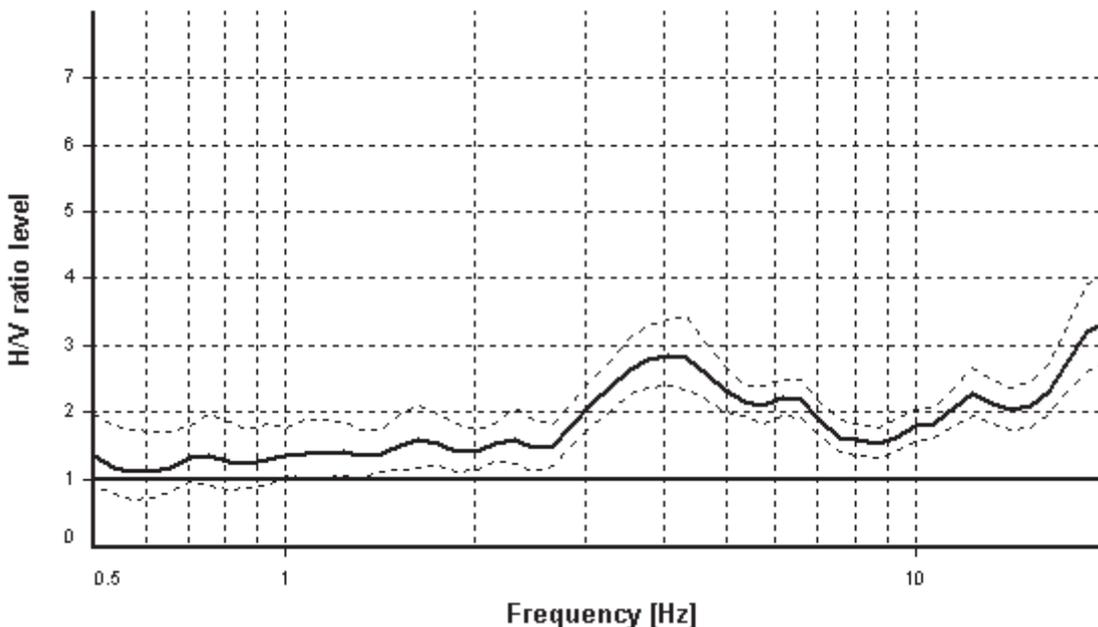
### HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

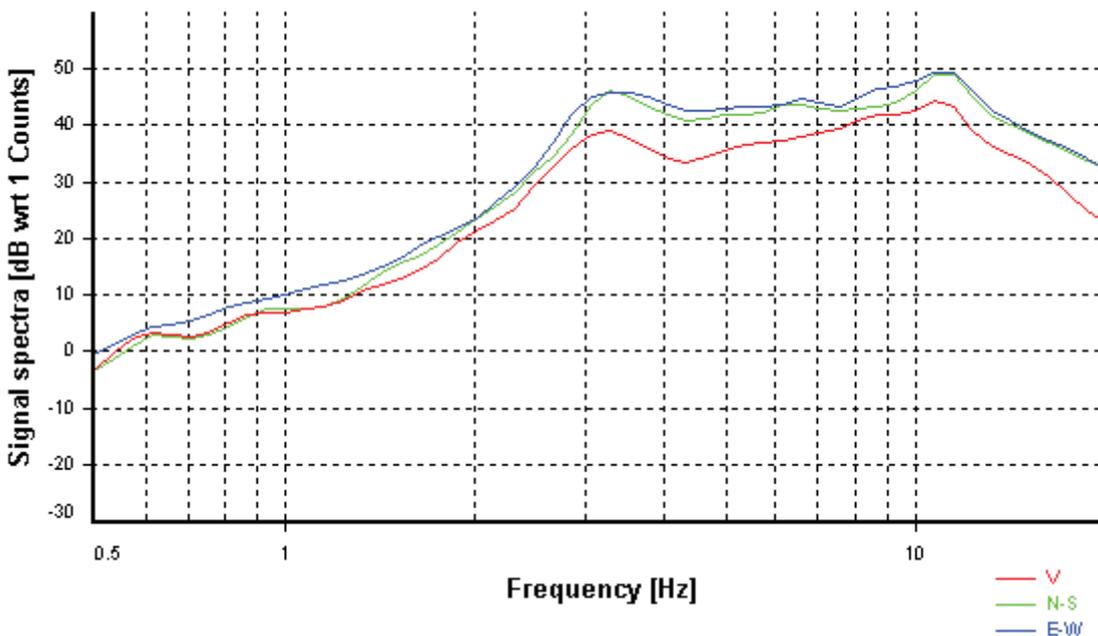
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

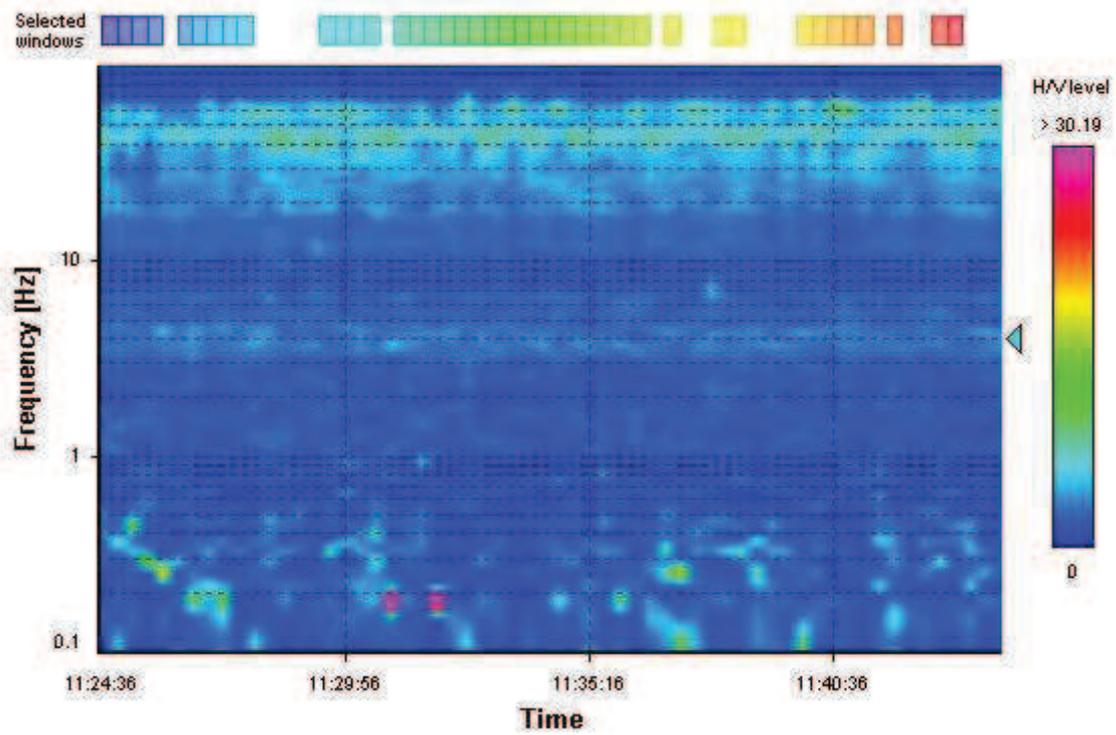
#### HVSR average



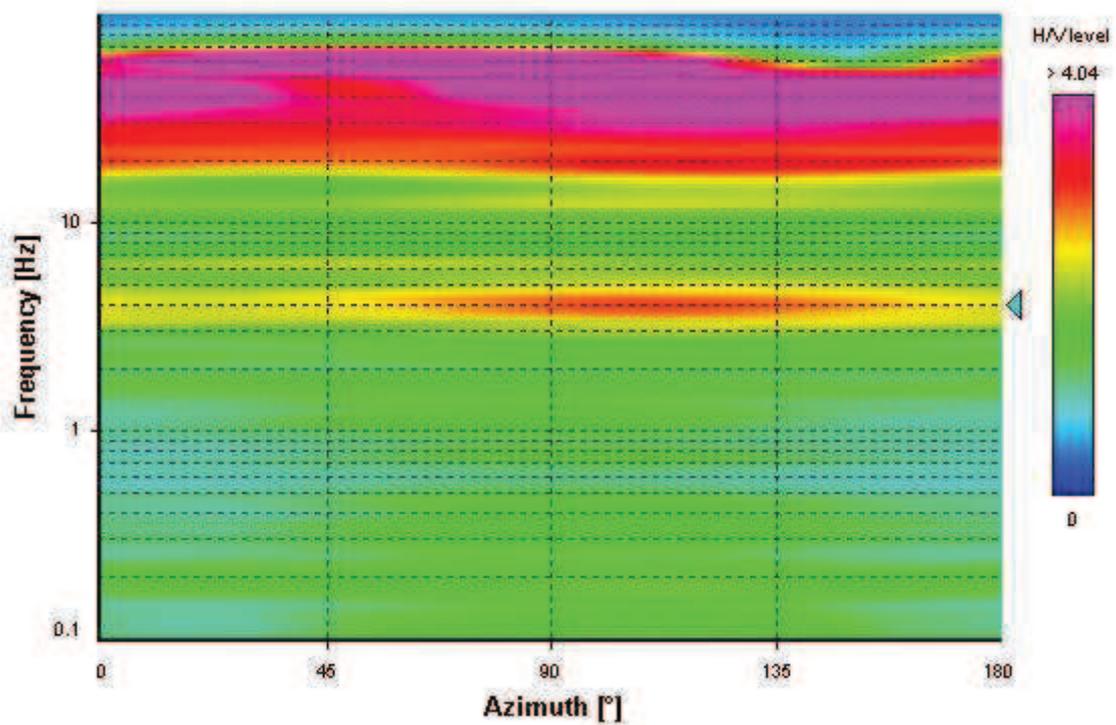
#### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (20 seconds windows)



### HVSR directional analysis



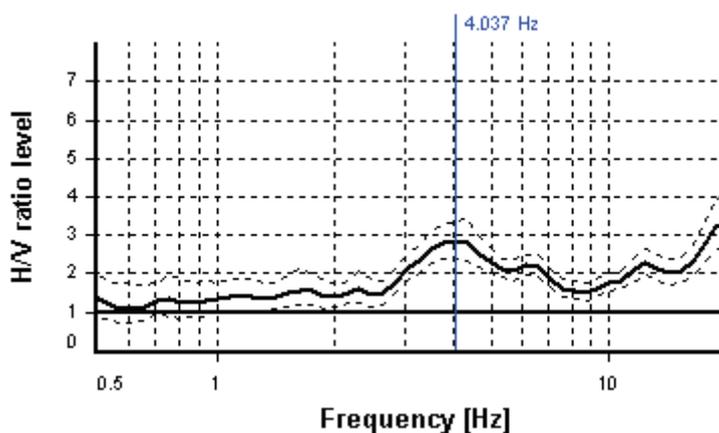
## SESAME CRITERIA

Selected  $f_0$  frequency

4.037 Hz

$A_0$  amplitude = 2.846

Average  $f_0 = 4.149 \pm 0.436$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	41 valid windows (length > 2.48 s) out of 41	OK
$n_c(f_0) > 200$	3310.35 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 19	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.00923 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.85 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	7.23% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.43614 >= 0.20185	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.19273 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

# Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

## Sito in esame.

latitudine: 43,180044 [°]

longitudine: 13,791888 [°]

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	2293,2
Sito 2	22760	43,184490	13,832840	3357,0
Sito 3	22982	43,134480	13,832620	6048,6
Sito 4	22981	43,134650	13,764120	5527,3

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente  $c_u$ : 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,048	2,416	0,278
Danno (SLD)	63	50	0,061	2,485	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 Stabilità dei pendii

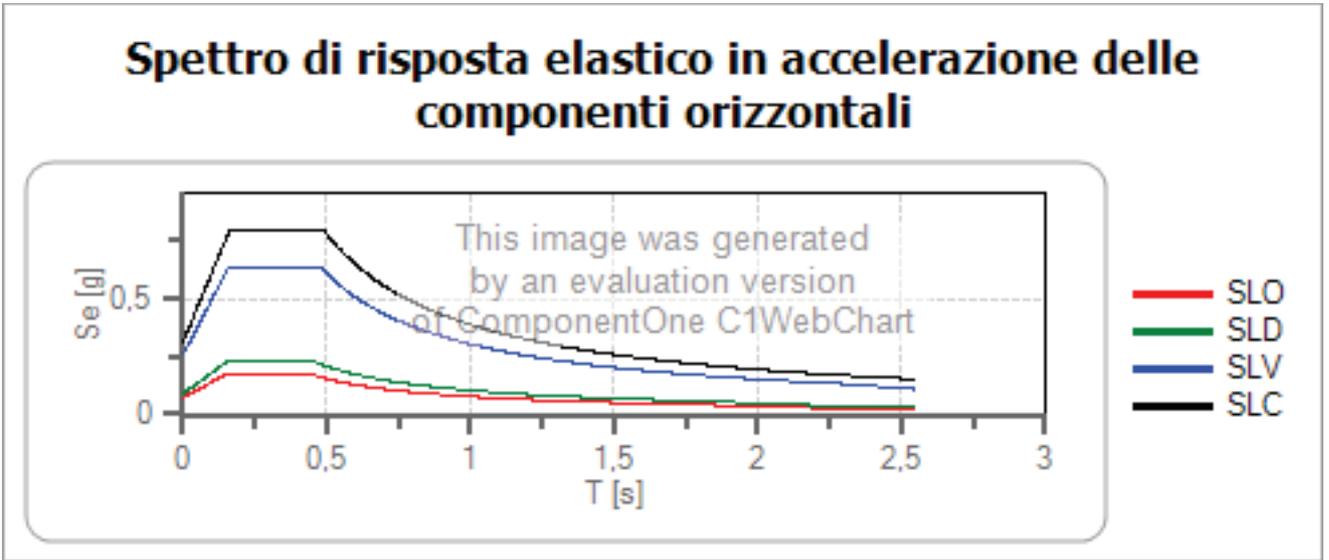
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,600	1,000	0,014	0,007	0,702	0,200
SLD	1,500	1,580	1,000	0,018	0,009	0,894	0,200
SLV	1,430	1,550	1,000	0,062	0,031	2,539	0,240
SLC	1,340	1,530	1,000	0,089	0,044	3,101	0,280

# Spettri di risposta

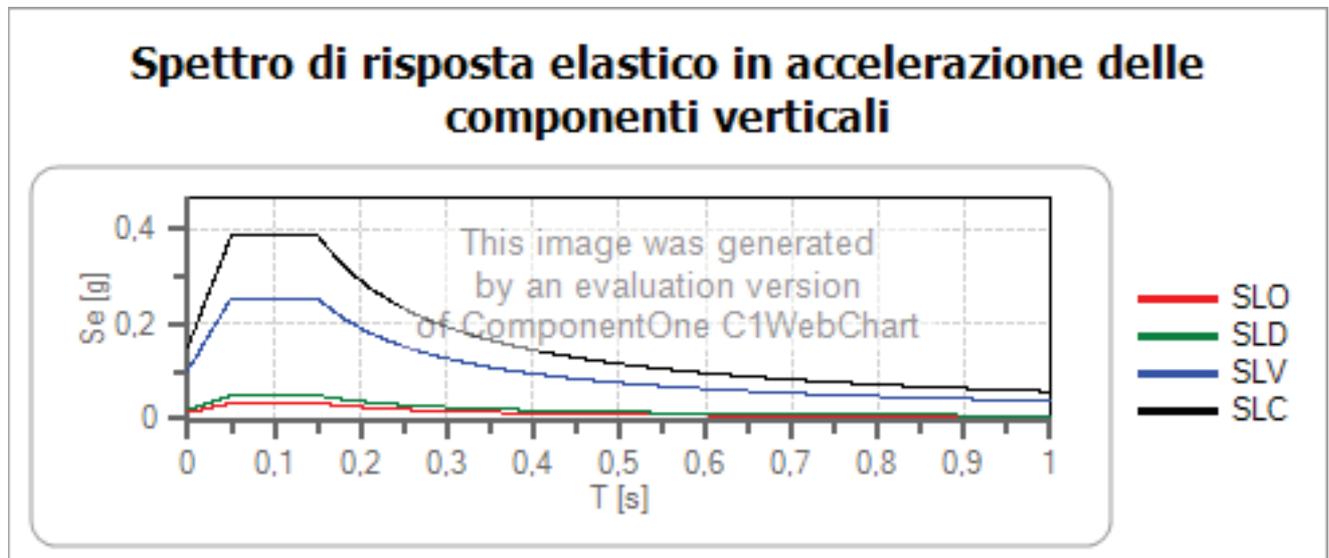
## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,048	2,416	0,278	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,148	0,445	1,791
SLD	1	0,061	2,485	0,289	1,500	1,580	1,000	1,500	1,000	0,152	0,457	1,843
SLV	1	0,181	2,460	0,307	1,430	1,550	1,000	1,430	1,000	0,159	0,476	2,324
SLC	1	0,236	2,516	0,318	1,340	1,530	1,000	1,340	1,000	0,162	0,487	2,544



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,048	2,416	0,278	1,000	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,061	2,485	0,289	1,000	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,181	2,460	0,307	1,000	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,236	2,516	0,318	1,000	1,530	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

## Relazione di calcolo

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

### Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

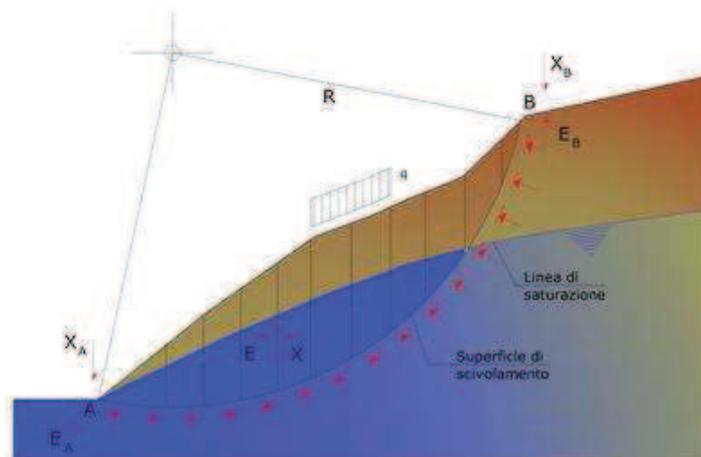
### Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



### Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concio. Se il numero dei concio è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei concio;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei concio;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .  
Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

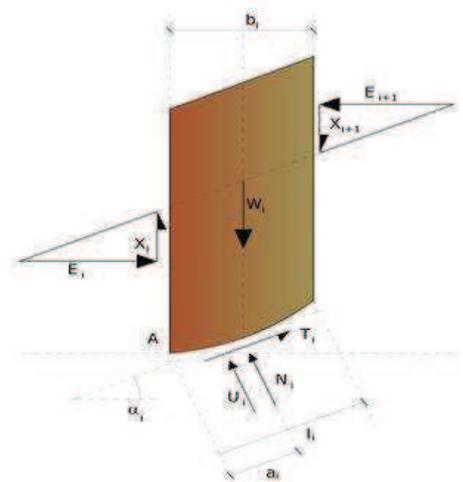
### Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



### Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- $F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- $W$  peso concio;
- $K_x$  coefficiente sismico orizzontale;
- $K_y$  coefficiente sismico verticale.

### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	43,179094/13,790973
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4,98 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	21,88 m
Ascissa vertice destro superiore xs	45,77 m
Ordinata vertice destro superiore ys	33,1 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:

C

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,42	0,28
S.L.D.	50,0	0,6	2,49	0,29
S.L.V.	475,0	1,78	2,46	0,31
S.L.C.	975,0	2,31	2,52	0,32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,705	0,2	0,0144	0,0072
S.L.D.	0,9	0,2	0,0184	0,0092
S.L.V.	2,5491	0,24	0,0624	0,0312
S.L.C.	3,1042	0,28	0,0886	0,0443

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,062

Coefficiente azione sismica verticale

0,031

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0,22	12,71
2	1,55	12,73
3	3,54	12,77
4	5,72	12,65
5	6,81	12,59
6	9,25	13,14
7	12,19	13,83
8	14,75	14,29
9	16,74	14,64
10	19,8	15,15
11	21,54	15,39
12	22,85	15,75
13	23,85	16,18
14	25,09	16,56
15	27,72	17,1
16	29,55	17,34
17	31,41	17,52
18	32,89	17,66
19	35,22	18,29
20	38,56	19,15
21	41,53	19,91
22	46,18	20,86

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0,22	8,71
2	21,54	11,59
3	41,89	16,71
4	46,18	17,75

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0,22	6,08
2	21,54	9,19
3	41,89	15,51
4	46,18	16,35

**Vertici strato .....3**

N	X (m)	y (m)
1	0,22	4,87
2	21,54	8,39
3	41,89	13,51
4	46,18	14,36

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0,1	2,20	24	1800,00	2000,00	Limo argilloso sabbioso essiccato	
2	0,01	0,7	19	1900,00	2050,00	Limo argilloso	
3	0,15	2,20	23	2000,00	2100,00	Argilla limosa alt. e fratt.	
4	0,25	3,00	25	2100,00	2200,00	Argilla limosa integra	

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	1,15
Ascissa centro superficie	23,34 m
Ordinata centro superficie	32,53 m
Raggio superficie	22,2 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 23,338 \quad y_c = 32,535 \quad R_c = 22,204 \quad F_s = 1,146$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,59	-31,0	0,69	269,52	16,71	8,36	0,08	19,6	0,0	745,1	715,6
2	2,56	-26,5	2,85	6500,74	403,05	201,52	0,08	19,6	0,0	9761,1	5024,8
3	2,0	-20,0	2,12	10044,49	622,76	311,38	0,08	19,6	0,0	12665,5	5417,7
4	3,05	-13,2	3,14	21960,83	1361,57	680,79	0,01	15,4	0,0	23965,2	5977,4
5	1,74	-6,9	1,75	15142,22	938,82	469,41	0,01	15,4	0,0	15726,4	3901,2
6	1,31	-3,0	1,31	12453,04	772,09	386,04	0,01	15,4	0,0	12631,4	3126,6
7	1,0	0,0	1,01	298,75	638,52	319,26	0,01	15,4	0,0	10297,9	2544,1
8	1,24	2,9	1,25	13691,42	848,87	424,43	0,01	15,4	0,0	13539,0	3340,1
9	2,64	8,0	2,66	30453,63	1888,13	944,06	0,12	18,8	0,0	29153,1	11420,9
10	13,89	33,4	16,64	119644,2	7417,94	3708,97	0,01	15,4	0,0	123046,7	30727,1

# Verifica di stabilità del versante in condizioni dinamiche

## Metodo Pseudostatico teoria di Bishop

### Stato Attuale

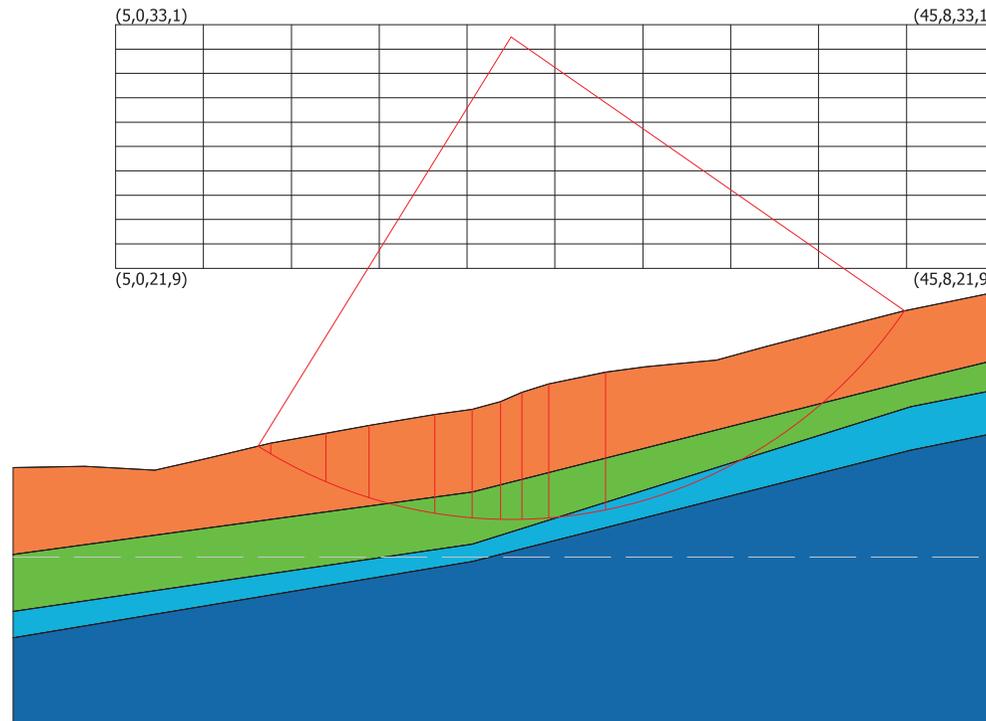
Parametri Drenati caratteristici ridotti      Scala 1:350

■ Limo argilloso sabbioso essiccato  
 $g=1800,00\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2000,00\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=24^\circ$   
 $c=0,1\text{ kg/cm}^2$   
 $cu=2,20\text{ kg/cm}^2$

■ Limo argilloso  
 $g=1900,00\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2050,00\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=19^\circ$   
 $c=0,01\text{ kg/cm}^2$   
 $cu=0,7\text{ kg/cm}^2$

■ Argilla limosa alt. e fratt.  
 $g=2000,00\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2100,00\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=23^\circ$   
 $c=0,15\text{ kg/cm}^2$   
 $cu=2,20\text{ kg/cm}^2$

■ Argilla limosa integra  
 $g=2100,00\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2200,00\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=25^\circ$   
 $c=0,25\text{ kg/cm}^2$   
 $cu=3,00\text{ kg/cm}^2$



$xc=23,34\ yc=32,53\ Rc=22,20\ Fs=1,15$