

STUDIO DI GEOLOGIA Dott. ROTOLO MARIO

Via Vittorio Veneto, 297 - 70043 MONOPOLI (BA) - Tel. 080.808172
E-mail: mariorotolo@gmail.com

PROGETTO: "ZONASICURA VIDEOSORVEGLIANZA E MONITORAGGIO AMBIENTALE DEGLI AGGLOMERATI INDUSTRIALI ASI DELLA PROVINCIA DI BARI".

RELAZIONI TECNICHE

- **RELAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO DELL'AGGLOMERATO INDUSTRIALE DI MOLFETTA (§ 6.2.1 DELLE N.T.C. AGGIORNATE).**
- **CARATTERISTICHE FISICHE E GEOTECNICHE E CALCOLO DELLA PORTANZA ULTIMA DEL SEDIME DI FONDAZIONE DEI PALI ARMADIO CON PLINTO IN C. A. (§ 6.2.2 DELLE N.T.C. AGGIORNATE).**
- **RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO ED ASSEGNAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2 DELLE N.T.C. AGGIORNATE).**

COMMITTENTE: CONSORZIO PER L'AREA DI SVILUPPO INDUSTRIALE DI BARI

Via Delle Dalie, 5 - Modugno

LOCALITÀ: ASI Molfetta

DATA: 12.12.2019

IL GEOLOGO

Alles



A circular professional stamp of the geologist. The outer ring contains the text "ORDINE DEI GEOLOGI" at the top and "PUGLIA" at the bottom, separated by two stars. The inner circle contains the text "Dott. Geol. ROTOLO MARIO" and "N.° 2/3". A handwritten signature is written over the stamp.

INDICE

1	PREMESSA	Pag. 1
2	MODELLAZIONE GEOLOGICA	Pag. 2
1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	Pag. 2
2	IDROGEOLOGIA.....	Pag. 3
3	GEOMORFOLOGIA.....	Pag. 3
3	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA ROCCIA CALCAREA	Pag. 3
1	RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA ROCCIA CALCAREA	Pag. 3
2	CAPACITÀ PORTANTE	Pag. 3
3	DETERMINAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO K_s	Pag. 6
4	CARATTERISTICHE FISICHE DEL MISTO GRANULARE	Pag. 6
1	CARATTERISTICHE FISICHE DEL MISTO GRANULARE STABILIZZATO	Pag. 6
2	CAPACITÀ PORTANTE DEL MISTO GRANULARE	Pag. 7
5	MODELLAZIONE SISMICA	Pag. 7
	PROSPEZIONI GEOFISICHE.....	Pag. 7
	SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE	Pag. 7
	MODULI DINAMICI	Pag. 8
	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	Pag. 8

PREMESSA

A seguito di incarico professionale conferito allo scrivente dal **CONSORZIO PER L'AREA DI SVILUPPO INDUSTRIALE DI BARI** si è proceduto alla redazione della presente relazione geologico-geotecnica e di modellazione sismica dell'intera area consortile di **Molfetta** interessata dal progetto "*ZonASicura Videosorveglianza e monitoraggio ambientale. Agglomerati Industriali ASI della provincia di Bari*" (vedasi la Tavola Unica fuori testo).

Difatti, al fine di rimediare alle problematiche legate agli atti criminosi e mettere in sicurezza la viabilità consortile di uso pubblico, il Consorzio ASI intende implementare un sistema di controllo e monitoraggio che funzioni da primo deterrente alle azioni criminosi e garantisca una tempestiva individuazioni dei trasgressori e l'immediato intervento delle Forze dell'Ordine.

Come riportato nella Tavola Unica il progetto prevede la copertura capillare del territorio attraverso l'installazione di videocamere e sensori su pali incassati su plinti in C.A. da attestare su roccia o sul rilevato stradale, in corrispondenza dei marciapiedi e/o lungo le banchine delle strade del Consorzio ASI.

Pertanto, in adempimento all'incarico ricevuto si procede alla caratterizzazione e modellazione geologica dell'area, alla definizione dei parametri fisici e calcolo della capacità portante ultima del sedime di fondazione, oltre alla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito, ai sensi del DM 17.01. 2018..

Per quanto concerne la caratterizzazione e modellazione geologica dell'area si fa riferimento ai rilevamenti geolitologici e geomorfologici eseguiti dallo scrivente in occasione di altri progetti effettuati per conto del Consorzio ASI nell'agglomerato industriale di Molfetta.

Per la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei litotipi affioranti nell'intero territorio consortile, rappresentati, prevalentemente, da roccia calcarea, si utilizza i valori medi di compressione semplice in occasione di altri studi eseguiti dallo scrivente nell'area, che consentirono di determinare la capacità portante del sedime di fondazione.

Nel caso in cui lo spessore del rilevato stradale dovesse risultare superiore a 2 m i plinti di fondazione dei pali saranno attestati sul materiale misto granulare, costituente il corpo del rilevato.

Infine, per la modellazione sismica, si utilizzano i dati sperimentali risultanti delle numerose indagini geofisiche, di tipo "*a rifrazione di superficie*", eseguite in diverse zone del Consorzio ASI.

La metodologia “a rifrazione di superficie” consente di definire i parametri dinamici del sottosuolo e permette di determinare la $V_{S,eq}$, parametro di riferimento con cui si assegna la CATEGORIA DEI SOTTOSUOLI ai sensi delle norme antisismiche vigenti.

MODELLAZIONE GEOLOGICA

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dalle note illustrative allegate al Foglio n. 177 “Bari” della Carta Geologica d’Italia, lo schema geologico del territorio in esame è contraddistinto da affioramenti di rocce calcaree del Cretaceo Superiore, appartenenti al gruppo dei Calcari delle Murge.

Il substrato roccioso è costituito da rocce calcareo-dolomitiche di età mesozoica riferibili all’unità litostratigrafica dei Calcari di Bari su cui si rinvengono, in prossimità della costa, lembi di rocce calcarenitiche del Pleistocene

Formazioni marine

Trattasi di depositi travertinoidi tipo “crosta” e lembi di panchina dell’Olocene presenti lungo la costa tra Bisceglie e Bari.

Formazioni continentali

Corrispondono a depositi sedimentari costituiti da ciottolame calcareo e da materiale terroso derivanti dalla disgregazione dei calcari e delle calcareniti, per lo più presenti sul fondo di solchi erosivi (lame) e, in forma di terrazzi, sui fianchi delle lame.

Calcareniti

Le calcareniti formano una copertura discontinua di sedimenti marini diagenizzati del Quaternario (Pleistocene inferiore), costituiti da clasti a granulometria molto variabile e da rari livelli di fossili; i banchi calcarenitici sono di colore variabile dal giallo ocra all’avana chiaro e superficie molto alterata e disgregata.

Le calcareniti presentano, a luoghi, aspetto massivo, stratificazione irregolare con superfici di strato indistinte che delimitano grosse bancate di spessore anche superiore al metro.

Nel complesso si tratta di rocce tenere e poco tenaci di aspetto poroso formatesi essenzialmente per accumulo e successiva cementazione di fossili e detriti calcarei.

Calcarei

L'unità litostratigrafica che affiora nell'area è riferibile ai "Calcarei di Bari": trattasi di calcari a grana fina, talora microcristallini, di colore bianco-avana e a luoghi grigiastro che affiorano nell'area di stretto interesse.

Gli strati carbonatici cretacei sono poco inclinati, in media variano dai 5° ai 15°, e spessori variabili da pochi cm a 50-60 centimetri.

La fratturazione della roccia calcareo-dolomitica va messa in relazione con i movimenti tettonici che hanno interessato la regione nel passato.

2. IDROGEOLOGIA

La circolazione idrica superficiale ha carattere effimero e stagionale e si esplica nei sedimenti quaternari che ricoprono con sottili spessori il substrato roccioso mesozoico, mentre le acque della falda profonda circolano nell'acquifero carbonatico, caratterizzato da una permocabilità "per fessurazione" e/o carsismo, e defluiscono verso il livello base, identificato con quello del mare, con cadenti piezometriche modeste, in genere, inferiori allo 0.05%.

La permocabilità dei calcari è, strettamente, legata ai fenomeni carsici e allo stato di fessurazione della roccia.

3. GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista morfologico il territorio rispecchia i caratteri tipici dello stile, essenzialmente, tabulare delle Murge, con vasti ripiani allungati parallelamente alla costa e debolmente inclinati.

L'intero territorio appare pressoché pianeggiante, con debole inclinazione dell'ordine dell'1%, e da ripiani leggermente ondulati, raccordati da modeste scarpate, che formano dei gradini morfologici via via ribassati verso la costa adriatica e con leggera pendenza a nord-est.

I depositi quaternari continentali, alluvionali terrosi e ciottolosi, presentano un assetto tabulare e conservano intatte le originarie giaciture a conferma che non hanno subito gli effetti tettonici disgiuntivi e/o plicativi della fase tettonica appenninica.

Tali sedimenti poggiano, localmente, su una superficie carsica ben conservata, con irregolarità e cavità di dissoluzione riempite da terra rossa; essi costituiscono, altresì, il materiale di riempimento di depressioni morfotettoniche (picche ad ampio raggio, strutture tipo graben ecc.).

Perpendicolarmente alla costa si rinvengono numerosi solchi erosivi (denominate localmente lame) con pareti poco elevate, mediamente inclinate e fondo piatto che incidono i calcari e le calcareniti, in cui si scorrono le acque piovane in occasione di precipitazioni intense e di breve durata.

3 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA ROCCIA CALCAREA

1. RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA ROCCIA CALCAREA

Nel caso in cui il plinto di fondazione del palo, avente dimensioni standard 1.20x1.20x100 (h) poggianti sulla roccia calcarea (vedasi la Tavola Unica) la prova di resistenza a compressione uniaassiale, eseguita su campioni di roccia estratta durante un carotaggio continuo eseguito nell'area, ha dato i seguenti risultati:

Campione 1 = 975 Kg/cm²

Campione 2 = 1590 Kg/cm²

Campione 3 = 1580 Kg/cm²

Campione 4 = 795 Kg/cm²

Ai sensi del § 6.2.2 del DM 17.01.2018 “*indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica*”, nel caso di ammassi rocciosi e terreni a struttura complessa, la valutazione della resistenza caratteristica deve tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità.

L'analisi statistico-strutturale delle discontinuità, eseguita osservando il materiale estratto durante il sondaggio a carotaggio continuo, ha fornito la frequenza di fratture e/o giunti di strato "f" che nel caso in esame è di 15 fratture/metro lineare di roccia.

2. CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

I valori di resistenza a compressione non corrispondono a quelli dell'ammasso roccioso stratificato e interessato da frequenti fratture, per cui essi vanno inseriti in apposite relazioni, come quella di MANEV e AVRAMOVA-TACHEVA, di seguito riportata, con cui si determina la coesione della roccia alla scala dell'ammasso roccioso:

$$c_{\text{ammasso}} = cl \times (A \times e^{-b \times (f-2)} + B)$$

in cui:

c_{ammasso} = coesione dell'ammasso roccioso

cl = coesione ricavata in laboratorio

$A = 0.114$

$b = 0.48$

$B = 0.02$

f = frequenza delle fratture per metro lineare di roccia.

Applicando la relazione di MANEV e AVRAMOVA-TACLIEVA si determinano i valori della coesione della roccia alla scala dell'ammasso roccioso per un valore misurato di $f = 15$.

- Campione 1 $\Rightarrow c_{\text{ammasso}} = 9.9 \text{ Kg/cm}^2$

- Campione 2 $\Rightarrow c_{\text{ammasso}} = 16.1 \text{ Kg/cm}^2$

- Campione 3 $\Rightarrow c_{\text{ammasso}} = 16.0 \text{ Kg/cm}^2$

- Campione 4 $\Rightarrow c_{\text{ammasso}} = 8.4 \text{ Kg/cm}^2$

La capacità portante dell'ammasso roccioso, si ottiene applicando l'espressione proposta da DAVIS e BOOKER:

$$q_0 = 2 \times c_{\text{ammasso}} \times \text{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$$

dove:

q_0 = capacità portante della roccia

c_{ammasso} = coesione dell'ammasso roccioso.

φ = angolo di attrito interno pari a 15° , corrispondente a quello della terra rossa (argilla) presente nei giunti di interstrato e nelle fratture dei calcari.

Sviluppando i calcoli si ottengono i valori della capacità portante ultima:

- Campione 1 $\Rightarrow q_{\text{ult}} = 33.4 \text{ Kg/cm}^2$

- Campione 2 $\Rightarrow q_{\text{ult}} = 54.5 \text{ Kg/cm}^2$

- Campione 3 $\Rightarrow q_{\text{ult}} = 54.2 \text{ Kg/cm}^2$

- Campione 4 $\Rightarrow q_{\text{ult}} = 27.2 \text{ Kg/cm}^2$

Come capacità portante del sedime di fondazione dei pali su plinto da attestare su roccia calcarea, si adotterà la media dei due valori più bassi, pari a 30.3 Kg/cm^2 .

3. DETERMINAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO K_s

Nei programmi di calcolo delle opere di fondazione si utilizza il parametro della costante di sottofondo (K_s), o coefficiente di reazione di Winkler, che si ottiene dai dati dei *moduli dinamici*.

I parametri dinamici ricavati con le indagini geofisiche eseguite sull'area di intervento sono utili per la determinazione del coefficiente di reazione K_s , applicando una semplice relazione che si basa sulla velocità delle onde di taglio V_s .

Infatti, in occasione dell'*International Earthquake Symposium Kocaeli*, tenutosi nel 2007, fu presentato uno studio di Semih Tezcan, Zuhul Ozdemir, Ali Keceli e Aykut Erkal, ricercatori dell'Università di Istanbul, che mette in evidenza la stretta relazione che esiste tra i dati sperimentali della velocità delle onde di taglio V_s ed altri parametri del terreno, quali il rapporto dei vuoti e la rigidità dei suoli, la densità, la permeabilità, la resistenza a compressione laterale libera.

L'espressione per la determinazione del coefficiente di sottofondo K_s è la seguente:

$$K_s = 4 \gamma V_s$$

Assumendo come valore medio del peso di volume dell'ammasso roccioso 22 KN/m^3 e prendendo in considerazione la V_s del sismostrato 2 (vedasi la Tabella I nel paragrafo 5) avremo:

$$K_s = 4 \times 22 \times 1960 = 172.480 \text{ KN/m}^3 = 17.6 \text{ Kg/cm}^3.$$

4 CARATTERISTICHE FISICHE DEL MISTO GRANULARE

1. CARATTERISTICHE FISICHE DEL MISTO GRANULARE STABILIZZATO

Qualora lo spessore del rilevato stradale presente sotto i marciapiedi e le banchine stradali dovesse superare i 2 m, il plinto di fondazione dei pali dovrà essere attestato sul materiale di riporto, opportunamente, costipato e getto di magrone con rete elettrosaldata.

Il materiale di riporto si può assimilare al misto granulare arido avente i seguenti valori medi:

- un angolo di attrito interno = 30°
- coesione = 0
- peso di volume = 1.7 g/cm^3

Dato che la falda è situata a notevole profondità le condizioni del terreno di fondazione sono di tipo drenate per cui l'analisi tensionale sarà condotta in termini di tensioni efficaci.

2. CAPACITÀ PORTANTE DEL MISTO GRANULARE

Nel calcolo della capacità portante, a vantaggio di sicurezza, si esclude il contributo offerto dall'attrito laterale del terreno contro il plinto di fondazione, per cui si adotta la formula ridotta di Terzaghi data dalla seguente espressione:

$$P_{ult} = \gamma x \frac{B}{2} x N_{\gamma}$$

dove:

P_{ult} = pressione ultima a rottura

γ = peso di volume del misto granulare = 17

B = larghezza del plinto di fondazione

N_{γ} = coefficiente di portanza = 15.6 corrispondente all'angolo di attrito di 30°.

Sviluppando i calcoli avremo una portanza ultima pari a 1.3 Kg/cm².

5. MODELLAZIONE SISMICA

PROSPEZIONE GEOFISICA

Per la modellazione sismica del sito si considerano i risultati della base sismica "a rifrazione di superficie" eseguita per "INTERVENTI DI SALVAGUARDIA IDRAULICA DELLA ZONA ASI DI MOLFETTA (CANALE OVEST)".

SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE

La finalità delle indagini sismiche "a rifrazione di superficie" è quella di rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità *fisico-rifratte* che separano porzioni di ammasso "roccioso" o "terroso" a differente grado di densità e compattezza.

La campagna geognostica è consistita nella esecuzione di sette Basi di Sismica a Rifrazione di Superficie, di cui si prende la B.S.1, con 24 geofoni disposti sul terreno ad intervalli di 2.5 m per cui l'intero stendimento è risultato di 60 m in onde P e di 60 m in onde S; con questa configurazione è stata investigata una profondità valutabile in almeno 15 metri dal piano campagna.

Con questa metodologia si ottenne la sezione sismostratigrafica a due strati illustrata nella Tavola 2.c.2 allegata.

MODULI DINAMICI

Dai valori di velocità delle onde sismiche P ed S si ricavano i moduli dinamici del sottosuolo in esame e relativi a ciascun orizzonte sismico individuato.

I parametri che si possono ricavare sono:

- il Coefficiente di Poisson (σ);
- il Modulo di Young (E , in Kg/cm²);
- il Modulo di Taglio (G , in Kg/cm²);
- il Modulo di Incompressibilità (K , in Kg/cm²).

Nella tabella I sono riportati i parametri principali calcolati.

TABELLA I								
<i>BASE B.S.1</i>	<i>V_p (m/s)</i>	<i>V_s (m/s)</i>	<i>σ</i>	<i>γ</i>	<i>E</i>	<i>G</i>	<i>K</i>	<i>R</i>
<i>sismostrato 1</i>	<i>390</i>	<i>270</i>	<i>0.04</i>	<i>2.00</i>	<i>3100</i>	<i>1500</i>	<i>1100</i>	<i>0.54</i>
<i>sismostrato 2</i>	<i>3780</i>	<i>1960</i>	<i>0.32</i>	<i>2.00</i>	<i>206000</i>	<i>78000</i>	<i>187000</i>	<i>3.92</i>

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Il D.M. 18.01.2018 al § 3.2.2 dispone che l'effetto della risposta sismica locale debba essere valutata mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di sottosuolo definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla *classificazione del sottosuolo* in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

La *classificazione del sottosuolo* si ricava in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{j=1}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}}$$

dove:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

VS_i = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Dalla sezione sismostratigrafica di *Tavola 2.c.1.* allegata si evince che il substrato roccioso si rinviene subito sotto lo strato di terreno di 1.7 m di spessore a cui segue roccia calcarea compatta (sismostrato 2), caratterizzata da un valore di V_s pari a 1960 m/s.

Pertanto l'espressione non si applica al caso in esame in quanto il sito ha un substrato costituito da ammasso roccioso con velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s comprendente in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore inferiore a 3 m.

In definitiva il sedime di fondazione dei pali da attestare su roccia calcarea risulta di **Categoria di sottosuolo di tipo "A"** corrispondente ad *"Ammassi rocciosi affioranti (formazione litoide) caratterizzati da valori della V_{s30} maggiori di 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo di 3 m"*.

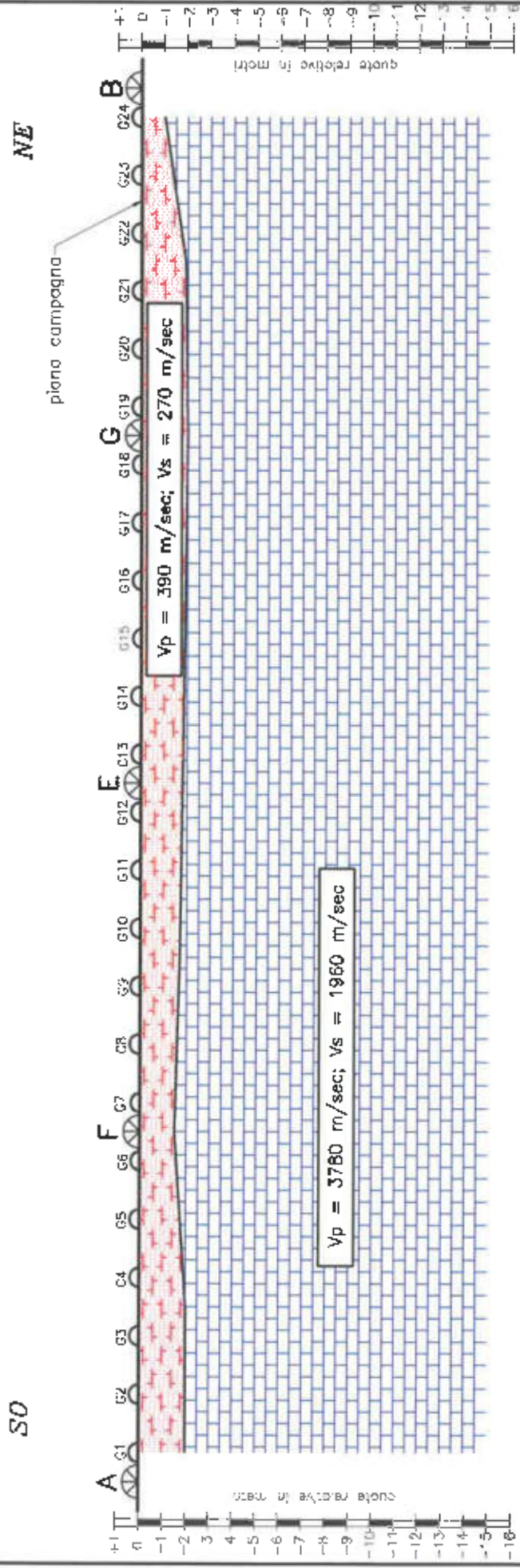
Dicembre 2019

Il geologo




SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA - BASE SISMICA B.S.2

TAVOLA 2.c.2.



PARAMETRI DINAMICI e CORRELAZIONI

SISMOSTRATO	velocità onda P [m/sec]	velocità onda S [m/sec]	Modulo di Poisson	Modulo di Young [Kg/cm²]	Rigidità Sismica [1/cm³Km/sec]	V ₉₃₀ = 1450 m/sec
 striscia "brevemente lerosa", correlata a ferro di riparto c/s vegetale r. e bn. e calcarenia poco cementata c/a n. d'artefatti per "erre rosse" in basso, poco sconsolato e compatto, eterogeneo lateralmente.	-1-	390	270	0.04	3100	0.54
 striscia "brevemente incolosa", correlata a ferro di riparto c/s vegetale r. e bn. e calcarenia poco cementata c/a n. d'artefatti per "erre rosse", molto sconsolato e compatto, eterogeneo lateralmente.	-2-	3780	1960	0.32	206000	3.92

Giulco S.p.A. Via De Sorla, 1 - Motera



LEGENDA

- ▲ punti di scappin
- ⊗ gestioni
- ve sotto onde P e S
- Lunghezza profilo: 60 m
- Distanza intergeofonici: 2.5 m
- numero geofoni: 24
- numero punti di scappin: 5
- Quota medio: circa m s.l.m.

committente:
Gen. Mario Rotolo
 indagine relativa a:
**Sabotaggio della infrastruttura
 Zona ASI (Canale Dossè)**
 campagna di:
settembre 2016
 ufficio: area d'
MOLPETTA (BA)

