

COMUNE DI ATRI Provincia di Teramo

Dott. Danilo GIANSANTE
— geologo —
Via Pantelleria, 3
64020 - Scerne di Pineto
Tel 320.6585014
e-mail danilo.giansante@gmail.com



Studio geologico relativo ai lavori di *“Ampliamento centro zootecnico per miglioramento benessere animale mediante realizzazione di nuova stalla”* in Loc. Stampallone.

COMMITTENTE: Società Agricola F.lli Barba S.r.l.
Via Patini n.7
Roseto degli Abruzzi (TE)

Relazione Geologica, sulle Indagini e sulla Modellazione Sismica

Elaborato composto da n. 66
pagine compresa la copertina

dott. geol. Danilo GIANSANTE



Data: gennaio 2023

1. PREMESSE

Su incarico professionale conferito, allo scrivente, dalla Società Agricola F.lli Barba S.r.l., con sede in Via Patini n.7 – Roseto degli Abruzzi (TE), è stato redatto uno studio geologico, sulle indagini e sulla modellazione sismica, in riferimento ai lavori di “Ampliamento centro zootecnico per miglioramento benessere animale mediante realizzazione di nuova stalla”.

L’area in studio si localizza in loc. Stampallone - Fontanelle nel Comune di ATRI (TE). Tale area non è interessata da dissesti ai sensi del *PIANO STRALCIO DI BACINO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO - “FENOMENI GRAVITATIVI E PROCESSI EROSIVI” - L. 18.05.1989 n. 183, art. 17, comma 6 ter e s.m.i.*

Stralcio planimetrico tratto da “Google Earth”



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E FASI DI LAVORO

Per definire compiutamente il quadro geologico, geomorfologico e geotecnico dell'area presa in esame sono state intraprese le seguenti fasi operative:

1. acquisizione di dati bibliografici e notizie inerenti i terreni in esame;
2. rilievo geomorfologico di superficie;
3. utilizzo di indagini geognostiche in situ, consistite in n.2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH);
4. esecuzione di un'indagine sismica MASW;
5. esecuzione di un'indagine sismica passiva con metodo HVSR;
6. correlazione con indagini e prove eseguite dal sottoscritto su alcune aree limitrofe e su terreni simili;
7. elaborazione dei dati evinti e stesura della presente.

Elementi, questi, ritenuti sufficienti a definire le peculiarità geologiche del sito ed a fornire elementi a sostegno delle soluzioni progettuali adottate.

Tali fasi sono state ritenute idonee a definire le caratteristiche geologico-tecniche e sismiche del sito, fornendo elementi utili per le soluzioni progettuali ai sensi del D. M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI DELL'AREA

L'area in esame è ubicata a circa 0,5 km dall'argine golenale di destra del F. Vomano, a valle della S.P. 23a, dal cui corso idrografico attuale è separata da alcune scarpate naturali generate dai diversi ordini dei terrazzi alluvionali del F. Vomano.

Essa, ad una quota di circa 80 m s.l.m., ricade sui depositi alluvionali – subsistema di Castelnuovo Vomano (AVM₆) - ghiaie e sabbie e limi alluvionali ed eteropici depositi di conoide, presenti nella vallata alluvionale del F. Vomano che, sull'area si incastra, a sud, nei primi versanti che bordano la valle. Le ghiaie sono a stratificazione incrociata a basso angolo o massive con clasti arrotondati e sub-arrotondati, centimetrici (prevalenti) e decimetrici, in abbondante matrice sabbioso-limosa. Elevazione media dal fondovalle da 15 a 25 m. Spessore variabile da 10-20 m.

Più in particolare, l'area in studio, risulta inserita all'interno del F° 339 - TERAMO della Carta Geologica d'Italia edita alla scala 1:50.000 e nel Foglio Ovest della Carta Geologica dell'Abruzzo edita da L. Vezzani e F. Ghisetti.

Essi fanno parte di sequenze terrigene le quali si sono depositate, a partire dal Miocene sup. (Messiniano) fino a tutto il Pliocene inf., in una profonda depressione tettonica denominata "*Fossa Adriatica*" migrata, progressivamente, verso oriente. Tale bacino di sedimentazione corrisponde ad una struttura geologica sintettonica caratterizzata, al suo interno, da una notevole velocità di subsidenza in tempi brevi.

A tali litotipi si sono sovrapposti, successivamente, terreni di ambiente continentale e di origine alluvionale, di età tardo-pleistocenica-attuale, definiti "terrazzi fluviali". Il rapporto tra il bed-rock flyscioide e dette unità è di tipo trasgressivo. Nel caso specifico siamo al bordo settentrionale delle alluvioni di fondovalle, terrazzate, le quali fasciano, in modo più o meno continuo, il corso idrografico del F. Vomano.

A tal proposito all'interno di un antico terrazzo alluvionale appartenente al fiume Vomano, è ubicata l'area in studio.

Litologicamente siamo in presenza di limi sabbiosi al tetto e successivamente conglomerati a vario tenore in matrice, con netta prevalenza della frazione ruditeca, poggianti sulle peliti alto-pleioceniche.

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELLA ZONA

Morfologicamente l'area è inserita nella fascia pedemontana abruzzese, compresa tra il bordo orientale del Gruppo Montuoso del Gran Sasso d'Italia ed il Mar Adriatico. Più in particolare essa si localizza sul versante idrografico destro del Vomano, a ridosso dei primi rilievi collinari che bordano l'ampia vallata. I caratteri morfologici presenti si ricollegano a quelli tipici dei terrazzi fluviali, rappresentati da superfici sub-pianeggianti con rotture di pendio dolci in prossimità dei passaggi da un terrazzo più antico al più recente (orli di terrazzo).

In particolare l'interpretazione dei dati raccolti dalle indagini ha messo in evidenza come l'area, geomorfologicamente, sia più prossima a quella esterna al terrazzo alluvionale e quindi al piede dei rilievi collinari che bordano la valle alluvionale del F. Vomano. Qui si incontrano principalmente dei depositi eluvio-colluviali limo-argillosi e sabbiosi che poggiano sulle alterazioni del substrato argilloso-marnoso.

La valle alluvionale, allungata in direzione antiappenninica, è bordata da rilievi collinari che tutt'intorno fasciano il corso del Vomano.

Lo schema della circolazione idrica, sia superficiale che profondo, è strettamente legato alla natura litologica delle formazioni geologiche costituenti il bed-rock dell'area in esame.

L'idrologia superficiale è, considerata la natura litologica dei terreni presenti (alluvioni, principalmente ghiaiose, dotate di medio-alto valore della conducibilità idraulica), rappresentata da bassi valori della densità di drenaggio con reticoli, per lo più, paralleli tra di loro ed ortogonali al corso d'acqua principale.

L'idrologia profonda è data da una falda di tipo freatico, posto al contatto fra i terreni pelitici di base (impermeabili) e la copertura alluvionale di superficie (permeabile per porosità), alimentata direttamente dalle acque circolanti in superficie (per filtrazione verticale). Si ritiene che, nel caso specifico, pur esistendo reciproci rapporti di interscambio idrico, sia la falda ad alimentare il fiume. Non sono state rilevate sorgenti d'acqua all'interno della porzione di bacino idrografico esaminato.

Il rilevamento di superficie ha evidenziato come il comprensorio in cui si colloca l'area in oggetto risulti caratterizzato da buone condizioni

generali di stabilità, risultando favorevole alla realizzazione dell'opera in progetto.

Per quanto riguarda il Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico – Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi (Piano PAI), l'area non rientra nelle zone cartografate a rischio, (vedi allegati stralcio carta di pericolosità da frana e stralcio carta geomorfologica).

Sulla cartografia ufficiale (stralcio planimetrico piano PAI) è presente, a valle dell'area in studio, un graficismo lineare riconducibile a *scarpata morfologica* - PS pericolosità da scarpata (vedi stralci allegati).

Tale tratto di scarpata non è chiaramente ed univocamente tracciabile sul terreno in quanto l'area, essendo a vocazione agricola, risulta coltivata per la maggior parte ed in incolta più a valle. Spesso le aree interessate dalle coltivazioni intensive sono separate da piccole rotture di pendio, dovute sia alle lavorazioni che a tratti di strade interpoderali evidenziando, sovente, i limiti di proprietà.

A riguardo, il tratto lineare individuato dal piano ed assimilato a scarpata, non mostra, a parere dello scrivente, un elemento di pericolosità, poiché il graficismo evidenzia un'attività antropica con salti morfologici inferiori a 2 m senza esprimere alcun denudamento (Allegato F alle Norme di Attuazione del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi").

5. CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO, MODELLO GEOLOGICO

Alla caratterizzazione del sottosuolo si è pervenuti mediante l'interpretazione dei risultati ottenuti da n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) e n. 2 pozzetti esplorativi, oltre che dalla raccolta di notizie e dati bibliografici e dall'interpretazione dei risultati ottenuti da indagini e prove eseguite dal sottoscritto su alcuni siti limitrofi.

Dall'alto verso il basso si rinviene:

Stratigrafia	Descrizione litologica	Parametri geotecnici
-0,80/1,20 m	Terreno vegetale superficiale rimaneggiato limo-argilloso	$\gamma' = 1,65 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 20/21^\circ$
-2,00/2,40 m	Limi argillosi bruni (paleosuolo) <i>mediamente consistenti</i>	$\gamma' = 1,85/1,90 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 22/27^\circ$ $c' = 0,1 \text{ t/m}^2$ $C_u = 5,1/6,8 \text{ t/m}^2$ $K_w = 1,6 \text{ Kg/cm}^2$ $M = 400/450 \text{ t/m}^2$
-6,00/6,20 m	Limi argillosi debolmente sabbiosi <i>Mediamente consistenti</i>	$\gamma' = 1,90/1,95 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 23/29^\circ$ $c' = 0,1 \text{ t/m}^2$ $C_u = 6,8/9,6 \text{ t/m}^2$ $K_w = 2,0 \text{ Kg/cm}^2$ $M = 450/500 \text{ t/m}^2$
-10/12,00 m	Ghiaie e sabbie in matrice limo-sabbiosa <i>Mediamente addensate</i> con intercalazioni limose e limo-sabbiose	$\gamma' = 2,00/2,20 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 32/40^\circ$ $c' = 0,1 \text{ t/m}^2$ $D_r = 75/80\% \text{ t/m}^2$ $K_w = 10/15 \text{ Kg/cm}^2$ $M = 2500 \text{ t/m}^2$
Da -10/12,00 m ed oltre	Limi ed argille marnose <i>molto consistenti</i>	$\gamma' = 1,95/2,00 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 25/29^\circ$ $c' = 0,5 \text{ t/m}^2$ $C_u = 10/13,5 \text{ t/m}^2$ $K_w = 5/6 \text{ Kg/cm}^2$ $M = 2000 \text{ t/m}^2$

γ' = peso di volume; φ' = angolo di attrito; c' = coesione; C_u = coesione non drenata; M = modulo edometrico; E = modulo elastico; D_r = densità relativa; K_w = Costante di Winkler

Durante l'esecuzione delle indagini non è stata riscontrata alcuna presenza di falda acquifera

6. MODELLAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Atri risultava classificato sismico di 4° categoria ai sensi del D.M. 19.03.82. L'ordinanza P.C.M. n.3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di Castellalto viene classificato sismico di 3° categoria.

Le norme tecniche indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare.

Nel nostro caso l'area in studio, classificata come zona n. 3 (cat. 3), il valore dell'accelerazione orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni è compreso tra 0,05-0,15 e il valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico è pari a 0,15.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/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

Tale azione valuta l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie (risposta sismica locale).

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 in studio, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Per quanto riguarda la risposta sismica locale, il territorio comunale di Atri è coperto da uno Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, in attuazione dell'Art.11 della L. 24/06/2009 n.77 – "Attività di Prevenzione del Rischio Sismico – Microzonazione Sismica del territorio regionale", finalizzato all'analisi della pericolosità sismica, necessaria per la

valutazione del rischio sismico, ma l'area in studio non risulta coperta dallo studio di microzonazione sismica.

Nel dettaglio, la classificazione dei terreni compresi tra il piano d'imposta delle fondazioni della nuova struttura ed il substrato rigido di riferimento (bedrock) è stata valutata mediante un'indagine sismica, eseguita dalla ditta GEOSOIL S.n.c. di Pescara, che si allega alla presente.

Riassumendo, l'interpretazione dei dati sismici ha permesso di trarre le seguenti conclusioni.

- La MASW evidenzia il seguente profilo delle onde di taglio VS:

MASW1	
Profondità sismostrato (m)	V_s (m/s)
1,1	113
3,0	186
6,3	229
9,4	374
14,9	398
17,8	371
23,2	399
27,0	415
30,0	444

- Di seguito si riportano i valori di V_{S,eq} (rispetto ad un piano di fondazione posto ad 1 m di profondità) e Categoria di sottosuolo.

	MASW1
V_{S,eq} (m/s)	344
Categoria di sottosuolo	C

La misura HVSR evidenzia le seguenti frequenze di amplificazione sismica al suolo:

HVSR1
Frequenza (Hz)
11,0
34,6

Il picco ad alta frequenza (34,6 Hz) è probabilmente legato ad amplificazioni stratigrafiche superficiali. Il picco a media frequenza (11,0 Hz) è probabilmente legato ad amplificazioni stratigrafiche a media profondità.

In base alle grandezze sopra definite, nel caso dell'area in studio, si identifica la categoria di suolo di fondazione come **C**, secondo la tab. 3.2.II del *D.M. 17/01/2018 "Aggiornamenti delle Norme Tecniche per le Costruzioni"*:

Tab. 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</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Cioè:

C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_v \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_v \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_v \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_v \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Dove C_c = coeff. **f** (categ. Sottosuolo)

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito in studio, che è descritta dalla probabilità che, in un determinato lasso di tempo ("periodo di riferimento" **V_r** 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" **P_{vr}**.

La pericolosità sismica è riferita in termini di:

Accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero sul sito di riferimento rigido (categoria **C**), con superficie topografica sub-orizzontale (categoria **T1**), ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **S_e(T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **P_{vr}** nel periodo di riferimento **V_r**.

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

- **a_g** = accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F_o** = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **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 a_g , F_o e $T*C$ per nove distinti periodi.

Il primo passo consiste nella determinazione di a_g . Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Si determina, quindi la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si terminano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Inserendo nella griglia le coordinate geografiche, la classe d'uso, la vita nominale, la categoria di sottosuolo e topografica, si ottiene il calcolo dei coefficienti sismici.

Così otteniamo tre valori:

a_g (g/10), **F_o** e **T*C** che definiscono le forme spettrali. Il passo successivo consiste nella valutazione di **a_{max}** (accelerazione massima attesa al sito) dove **a_{max} = a_g * S_s * S_t**.

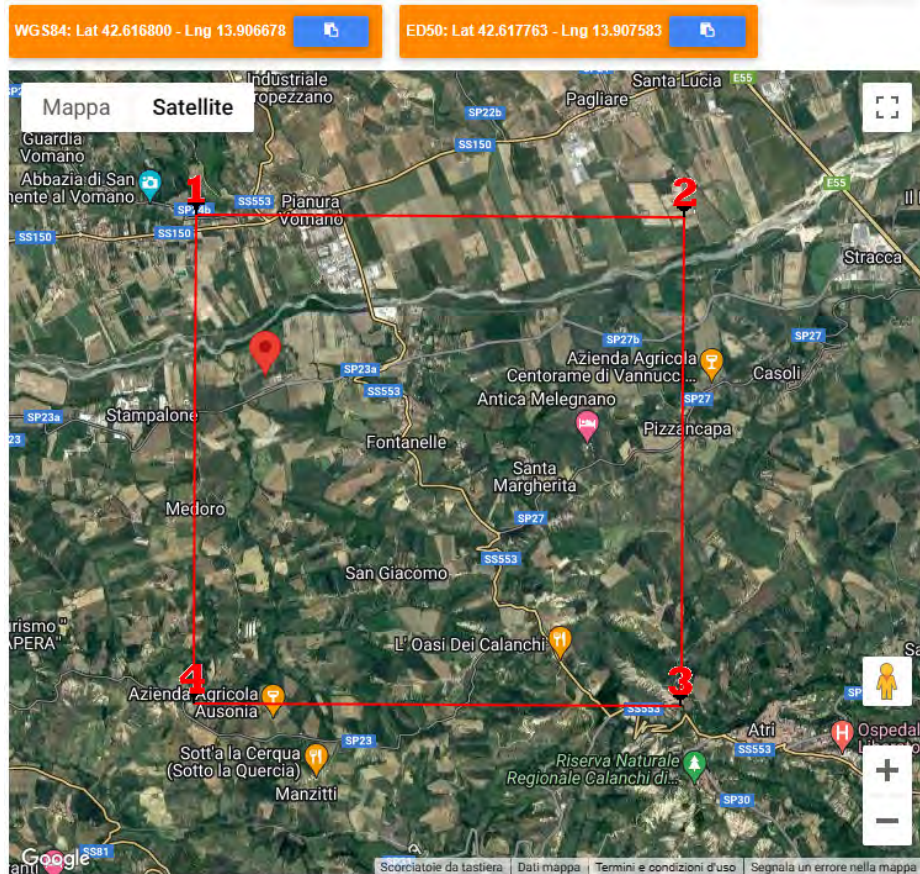
Determiniamo, infine, i coefficienti sismici
orizzontale

$$\mathbf{K_h = \beta_m * a_{max} / g}$$

e verticale

$$\mathbf{K_v = 0.5 K_h}$$

Nelle tabelle seguenti sono riportati i principali parametri di progetto:



Stati limite

Classe Edificio
 II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...
 Vita Nominale 50
 Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.054	2.451	0.278
Danno (SLD)	50	0.069	2.428	0.296
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.175	2.443	0.348
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.227	2.482	0.352
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.
 H (m) 1 us (m) 0.1
 Cat. Sottosuolo C
 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,44	1,36
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,57	1,49	1,48
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.016	0.021	0.061	0.086
kv	0.008	0.010	0.030	0.043
Amax [m/s²]	0.797	1.010	2.474	3.025
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

7. GEOTECNICA DEI TERRENI E STRUTTURE DI FONDAZIONE

Il presente paragrafo è da intendersi quale contributo alla fase di progettazione dell'edificio da realizzare.

Le caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e fisico-meccaniche dei terreni; la nuova riclassificazione sismica della zona e la tipologia delle opere, inducono alle seguenti considerazioni:

- 1) i terreni di sedime dell'area in studio idonei a sopportare carichi su fondazioni sono quelli che si trovano al di sotto del terreno vegetale superficiale (primo orizzonte) e dei successivi limi argillosi bruni (paleosuolo);
- 2) tali terreni idonei, nella fattispecie limi argillosi e sabbiosi, si trovano ad una profondità di circa – 2,00/2,40 mt dal locale p.c.

La scelta delle soluzioni da poter adottare per quanto riguarda il sistema fondale è legata alle condizioni geomorfologiche ed all'assetto stratigrafico dell'area di intervento.

A tal riguardo le caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e fisico-meccaniche dei terreni; la nuova riclassificazione sismica della zona e la tipologia delle opere, nonché l'indagine effettuata, hanno evidenziato:

- a) un'area oggetto d'intervento ubicata su di un antico terrazzo alluvionale del F. Vomano, in destra idrografica, ad ovest dell'abitato di Fontanelle;
- b) la presenza di un sottosuolo costituito da uno spessore di terreni alluvionali limoso-sabbiosi e successivamente ghiaioso-sabbiosi poggiante su di un substrato argilloso;
- c) L'area di studio non è interessata da dissesti ai sensi del *P.A.I.*, quindi non è soggetta ai vincoli di edificabilità previsti dal piano;

Nel nostro caso, essendo una costruzione soggetta ad azioni sismiche si applicano le norme relativamente a vita nominale (V_n), classi d'uso e periodo di riferimento per l'azione sismica (V_r).

Nella tabella seguente si riportano le vite nominali previste dalla norma ed i corrispondenti periodi di riferimento dell'azione sismica per costruzioni con differenti classi d'uso C_u . Nella tabella successiva sono riportati i periodi di ritorno dell'azione sismica da considerare per le verifiche dei diversi stati limite: Stato limite di operatività (SLO), di danno (SLD), di salvaguardia della vita (SLV) e di collasso (SLC).

Tabella C8.1 Periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = V_N C_U$ (anni)

	Classe d'uso →				
	I	II	III	IV	
	Coeff. C_U →				
	0,70	1,00	1,50	2,00	
TIPI DI COSTRUZIONE	V_N	V_R			
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

Tabella C8.2 Periodo di ritorno dell'azione sismica (T_R) per i diversi stati limite e probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento (V_R) e probabilità di superamento dell'azione sismica ($P_{T=50}$) riferito ad un periodo di riferimento fisso di $V_R = 50$ anni

OPERE con $V_N=10$									
CLASSE USO →		I	II	III	IV	I	II	III	IV
	$P_{VR} ↓$	T_R				$P_{T=50}$			
SLO	0,81	21	21	21	21	91%	91%	91%	91%
SLD	0,63	35	35	35	35	76%	76%	76%	76%
SLV	0,1	332	332	332	332	14%	14%	14%	14%
SLC	0,05	682	682	682	682	7,1%	7,1%	7,1%	7,1%

Le caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e fisico-meccaniche dei terreni, nonché la classificazione sismica della zona e la tipologia delle opere, inducono a ritenere i terreni di sedime dell'area in studio idonei a sopportare carichi su fondazioni dirette.

L'intervento, comunque, dovrà essere integrato con un efficiente ed adeguato sistema di convogliamento delle acque circolanti al suolo ed, in particolare, quelle che potrebbero provenire dalla zona monte dell'area.

8. VERIFICA A LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un processo di accumulo della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo, la diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito dello scuotimento sismico, con possibile raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua, che riempie gli interstizi, eguaglia la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide.

Ai sensi del § 7.11.3.4.2 del *D.M. 17/01/2018 Aggiornamenti delle "Norme tecniche per le costruzioni"*, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- 2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle Figura 7.11.1(a) ed in Figura 7.11.1(b) del capitolo 7 delle *Norme tecniche per le costruzioni*.

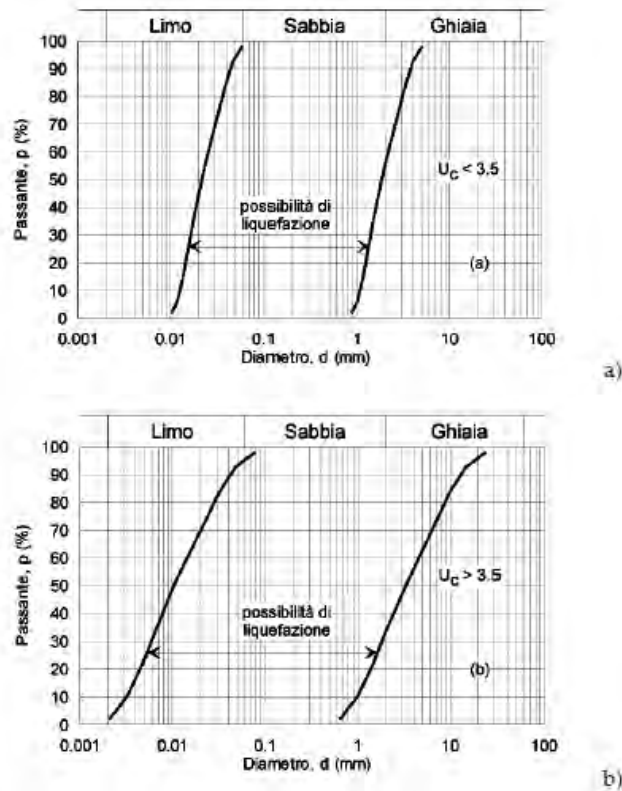


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

La verifica a liquefazione di un terreno viene effettuata attraverso metodi semplificati che si basano sulla stima di un fattore di resistenza alla liquefazione (F_s):

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (*Cyclic Stress Ratio*) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

Il valore di CSR può essere stimato mediante il metodo di *Seed e Idriss (1971)*:

$$CSR = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove a_{max} è l'accelerazione orizzontale al suolo, g è l'accelerazione di gravità, σ_v è la tensione verticale litostatica, σ'_v è la tensione verticale litostatica efficace, r_d è un coefficiente correttivo delle tensioni (funzione della profondità), MSF è un coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

Il valore di CRR può essere stimato da prove penetrometriche dinamiche mediante il metodo di *Seed e Idriss (1982)*:

$$CRR = \frac{Na}{90} \quad Na = N_f + N_{SPT} \left(\frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v} \right)$$

dove $N_f = 0$ se $d_{50} > 0,25$ mm o $N_f = 7,5$ se $d_{50} \leq 0,25$ mm, d_{50} è il diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% (mm), N_{SPT} è il numero di colpi della prova penetrometrica standard e σ'_v è la tensione verticale litostatica efficace (kg/cm²). Un deposito non è suscettibile a liquefazione se $F_s > 1,3$.

È inoltre importante, al di là dei risultati della verifica, valutare le conseguenze della eventuale liquefazione degli strati sabbiosi, tenendo sempre presente che:

- lo strato liquefacibile deve avere spessore maggiore di 3 m oppure due contorni impermeabili;
- la liquefazione può avere effetti sulle fondazioni superficiali solo se lo strato superficiale non soggetto a liquefazione è più sottile di 3 m.

I terreni prevalentemente sabbiosi sono suscettibili di liquefazione mentre i terreni prevalentemente limosi non sono suscettibili di liquefazione.

Utilizzando una metodologia semi-empirica (metodo semplificato) di tipo geologico, possiamo notare, dalla tabella seguente, che la suscettibilità alla liquefazione, in base all'età del deposito presente nell'area in esame (*Pleistocene recente*) e della profondità della falda, varia da *bassa* a *molto bassa*.

Età del deposito	Profondità della falda		
	< 9 m	9 ÷ 15 m	> 15 m
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Alto Olocene	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico e depositi anteriori	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

In quest'altra tabella notiamo come la morfologia presente nel nostro sito, riconducibile alla "Categoria C – Terrazzi, colline, montagne", evidenzia una probabilità di liquefazione pari a "improbabile".

Categoria	Morfologia	Liquefazione
A	Letti di fiume, antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, zone interdunari	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune, pianure di esondazione, spiagge	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne	Improbabile

La verifica a liquefazione è omessa in quanto, entro le profondità indagate, si verificano almeno le condizioni 3) e 4) del § 7.11.3.4.2 del *D.M. 17/01/2018 Aggiornamenti delle "Norme tecniche per le costruzioni"*.

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base dello studio geologico effettuato si ritiene che i lavori di "Ampliamento centro zootecnico per miglioramento benessere animale mediante realizzazione di nuova stalla" in loc. Stampallone nel Comune di Atri (TE), sui terreni di proprietà della Società Agricola F.lli Barba S.r.l., con sede in Via Patini n.7 – Roseto degli Abruzzi (TE), nel rispetto dei parametri e degli accorgimenti su indicati ed in accordo con le disposizioni contenute nelle normative in vigore, non apporti modifiche alle caratteristiche del terreno e dei luoghi tali da compromettere il funzionamento dell'opera stessa.

La lettura delle cartografie tematiche relative all'area sulla quale è previsto l'intervento, il rilievo geomorfologico ivi effettuato e le indagini eseguite, hanno riscontrato la presenza di terreni costituiti da depositi di facies prevalentemente marina, ricoperti da depositi continentali, a granulometria limo-sabbiosa e ghiaiosa, di età plio-pleistocenica depositatisi all'interno di un bacino sedimentario e ritenendo, quindi, l'intervento fattibile dal punto di vista geologico-geomorfologico.

Alla luce dei dati emersi dallo studio, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- ✓ L'area di studio non è interessata da dissesti ai sensi del *P.A.I.*, quindi non è soggetta ai vincoli di edificabilità previsti dal piano;
- ✓ Dal punto di vista del Piano Stralcio Difesa Alluvioni (*P.S.D.A.*) si è riscontrato che l'area non è soggetta ai vincoli di edificabilità previsti dal piano;
- ✓ Al di sotto dei terreni superficiali (di spessore inferiore al metro), sono presenti depositi di facies continentale, a granulometria limo-sabbiosa e ghiaiosa, di età plio-pleistocenica, e ritenendo, quindi, l'intervento fattibile dal punto di vista geologico-geomorfologico.
- ✓ Sulla base della $V_{s,eq}$ e della topografia dell'area, il sito è classificabile sismicamente con *Categoria di sottosuolo C* e *Categoria topografica T1*.
- ✓ Si raccomanda di adottare soluzioni progettuali compatibili con le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche illustrate.

Lo strutturista valuti, inoltre, la possibilità di trasferire i carichi di esercizio ad una profondità maggiore, se la resistenza offerta dal terreno alla profondità calcolata dovesse essere inferiore alle azioni agenti dalla struttura.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto
Scerne di Pineto, gennaio 2022

il geologo
dott. Danilo GIANANTE



I N D I C E

1. PREMESSE	pag. 1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	pag. 2
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI DELL'AREA	pag. 3
4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELLA ZONA	pag. 4
5. CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO, MODELLO GEOLOGICO	pag. 6
6. MODELLAZIONE SISMICA	pag. 7
7. GEOTECNICA DEI TERRENI E STRUTTURE DI FONDAZIONE	pag. 13
8. VERIFICA A LIQUEFAZIONE	pag. 15
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	pag. 19

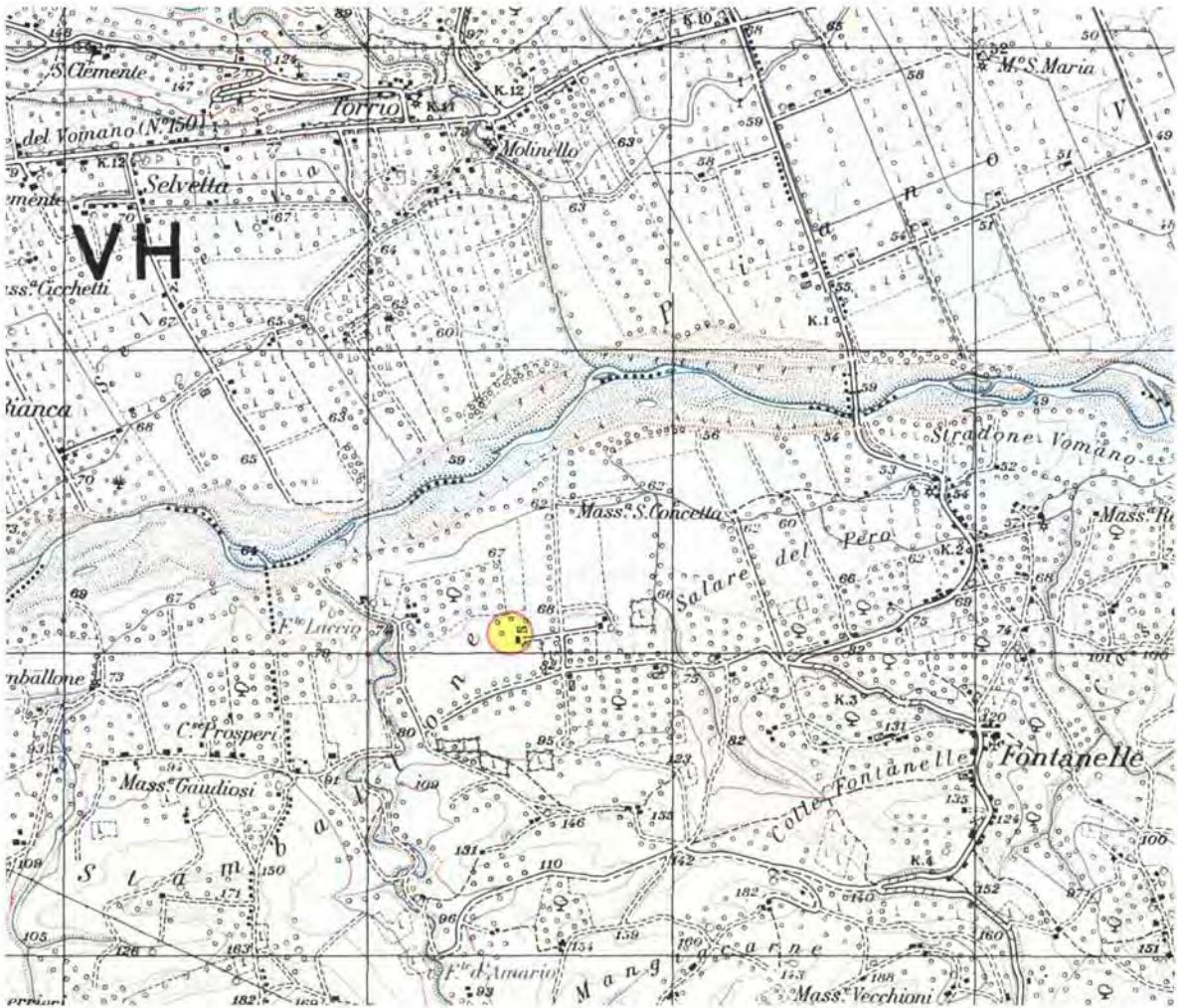
A L L E G A T I

- Corografia (1: 25.000);
- Carta geolitologica dell'area in esame (1: 25.000);
- Stralcio carta geomorfologica, scala 1:25.000;
- Stralcio carta pericolosità da frana, scala 1:25.000 e 1:5.000;
- Stralcio carta pericolosità idraulica, scala 1:5.000;
- Stralcio planimetrico con ubicazione area in studio, scala 1:5.000;
- Stralcio planimetrico con ubicazione indagini, scala 1:2.000;
- Indagini geotecniche;
- Indagini sismica;
- I.N.G.V. – Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale – Atri (TE).

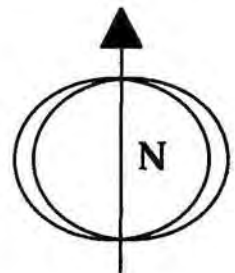
ALLEGATI

COROGRAFIA

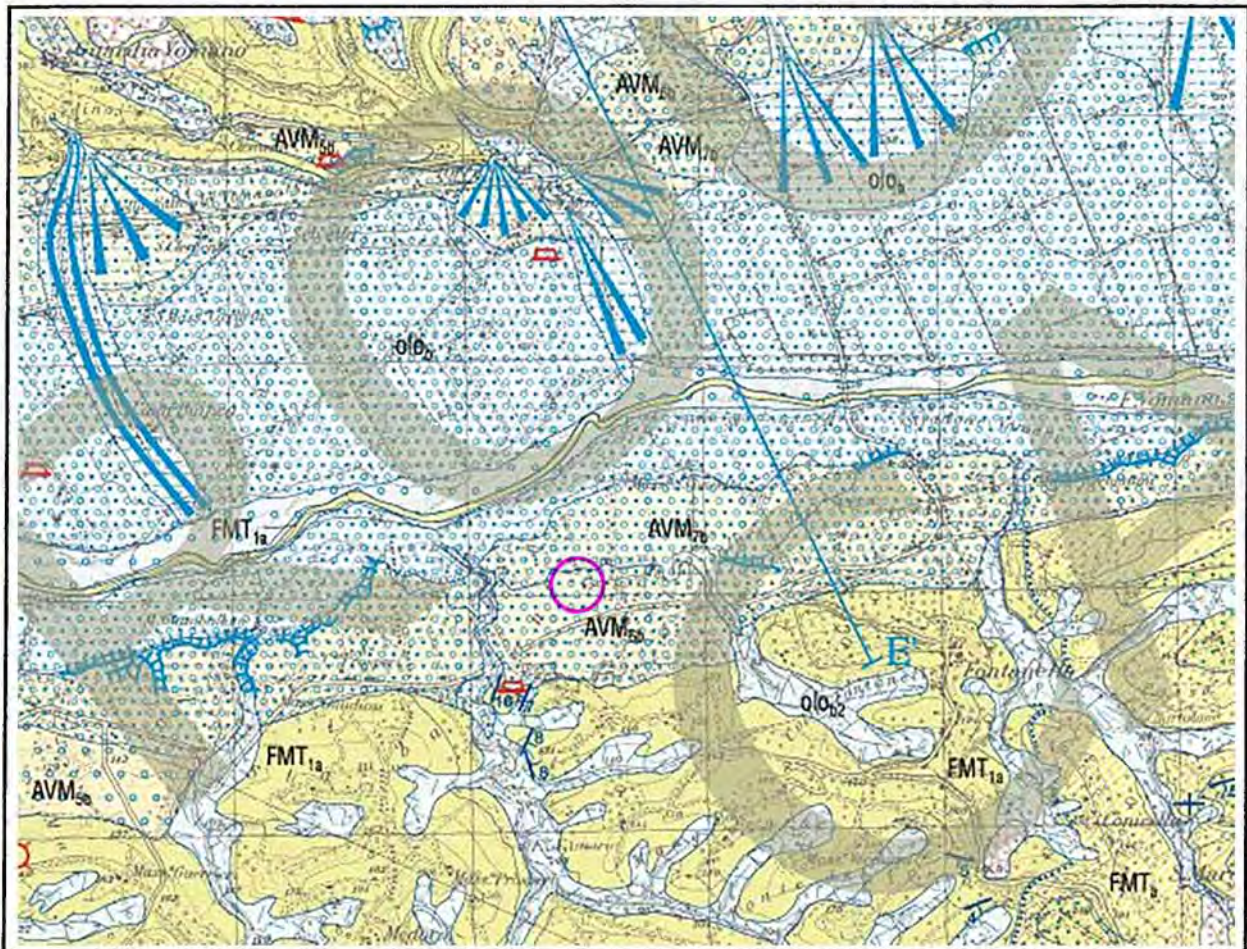
Scala 1:25.000



ubicazione area in studio



CARTA GEOLITOLOGICA DELL'AREA IN ESAME *



* da Carta Geologica d'Italia - Scala 1:50.000

LEGENDA



Area in esame



AVM₆

subsistema di Castelnuovo al Vomano (AVM₆)

Depositi alluvionali - Ghiaie, sabbie e limi alluvionali ed eteropici depositi di conoide. Le ghiaie, prevalenti e localmente spesse oltre 20 m (Teramo, Piano della Lente), sono a stratificazione incrociata a basso angolo o massive con clasti arrotondati e sub-arrotondati, centimetrici (prevalenti) e decimetrici, poligenici, in abbondante matrice sabbioso-imoso. Sabbie medio-fini a laminazione piano-parallela o incrociata in livelli decimetrici. Localmente (alluvioni del T. Vibrata), al tetto, coltre pedogenetica spessa 1-2 m. Le conoidi sono a tessitura prevalentemente fangosa (F. Vomano) o ghiaioso-sabbiosa (F. Tordino). Elevazione media dal fondovalle da 20 a 30-35 m. Spessore massimo da 10-20 m (F. Vomano) a oltre 20 m (F. Tordino) a oltre 30 m (alluvioni del T. Vibrata). (AVM₆).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.



AVM₇

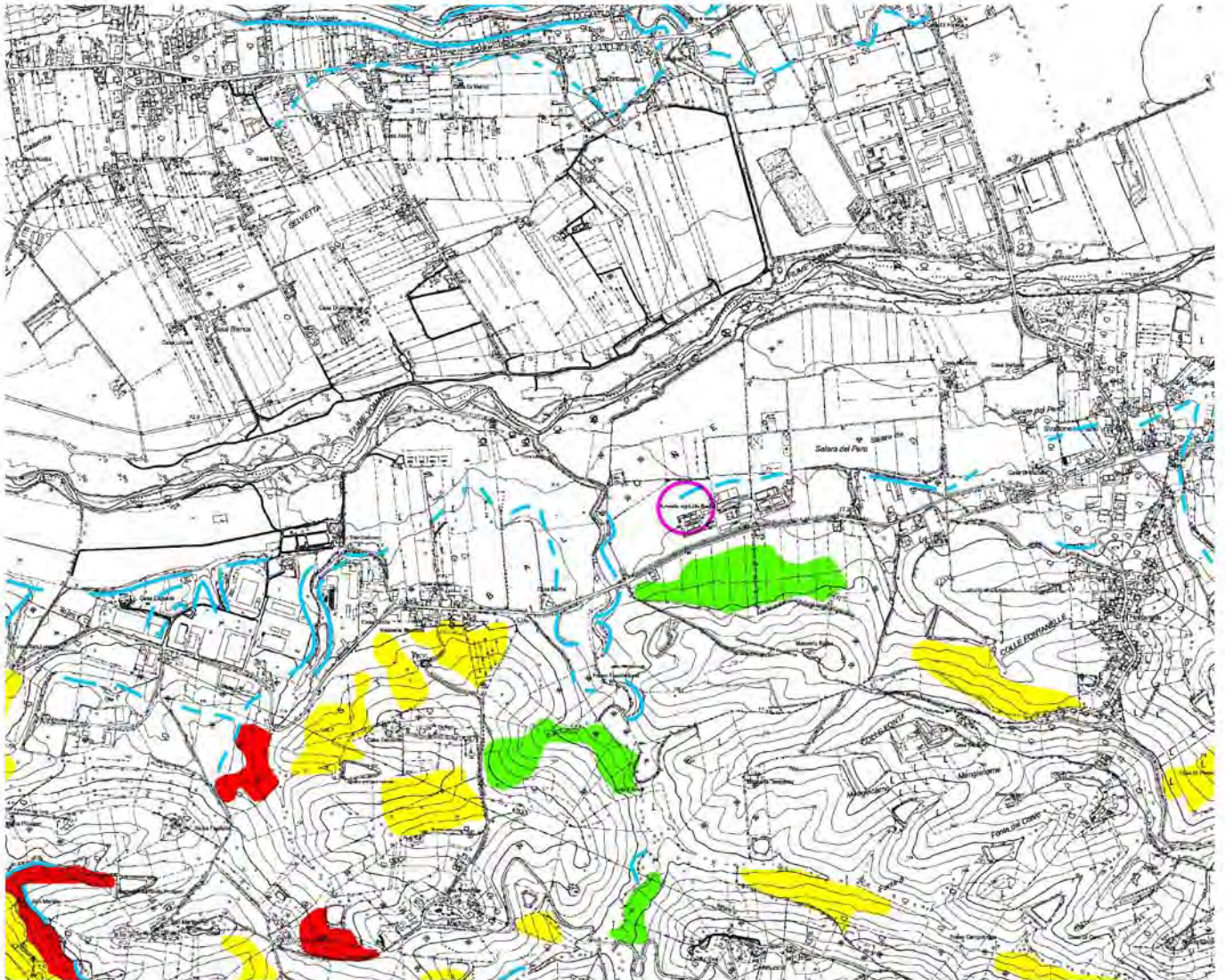
subsistema di Villa Vomano (AVM₇)

Depositi alluvionali - Ghiaie, sabbie e limi alluvionali ed eteropici depositi di conoide. Le ghiaie sono a stratificazione incrociata a basso angolo o massive, con clasti arrotondati da centimetrici (prevalenti) a decimetrici, poligenici, in abbondante matrice sabbioso-imoso. Al tetto, sabbie di spessore metrico che in alcuni casi costituiscono l'unico deposito presente. Le conoidi sono a tessitura fangosa o sabbioso-ghiaiosa. Elevazione media dal fondovalle da 5-10 m (F. Salinello) fino a 10-15 m (F. Vomano, F. Tordino). Spessore massimo di 5-10 m, in aumento fino a 10-15 m verso monte. (AVM₇).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

STRALCIO PLANIMETRICO CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

Scala 1:25.000



Ubicazione area in esame



P1 PERICOLOSITA' MODERATA

Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione



P2 PERICOLOSITA' ELEVATA

Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione



P3 PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA

Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente

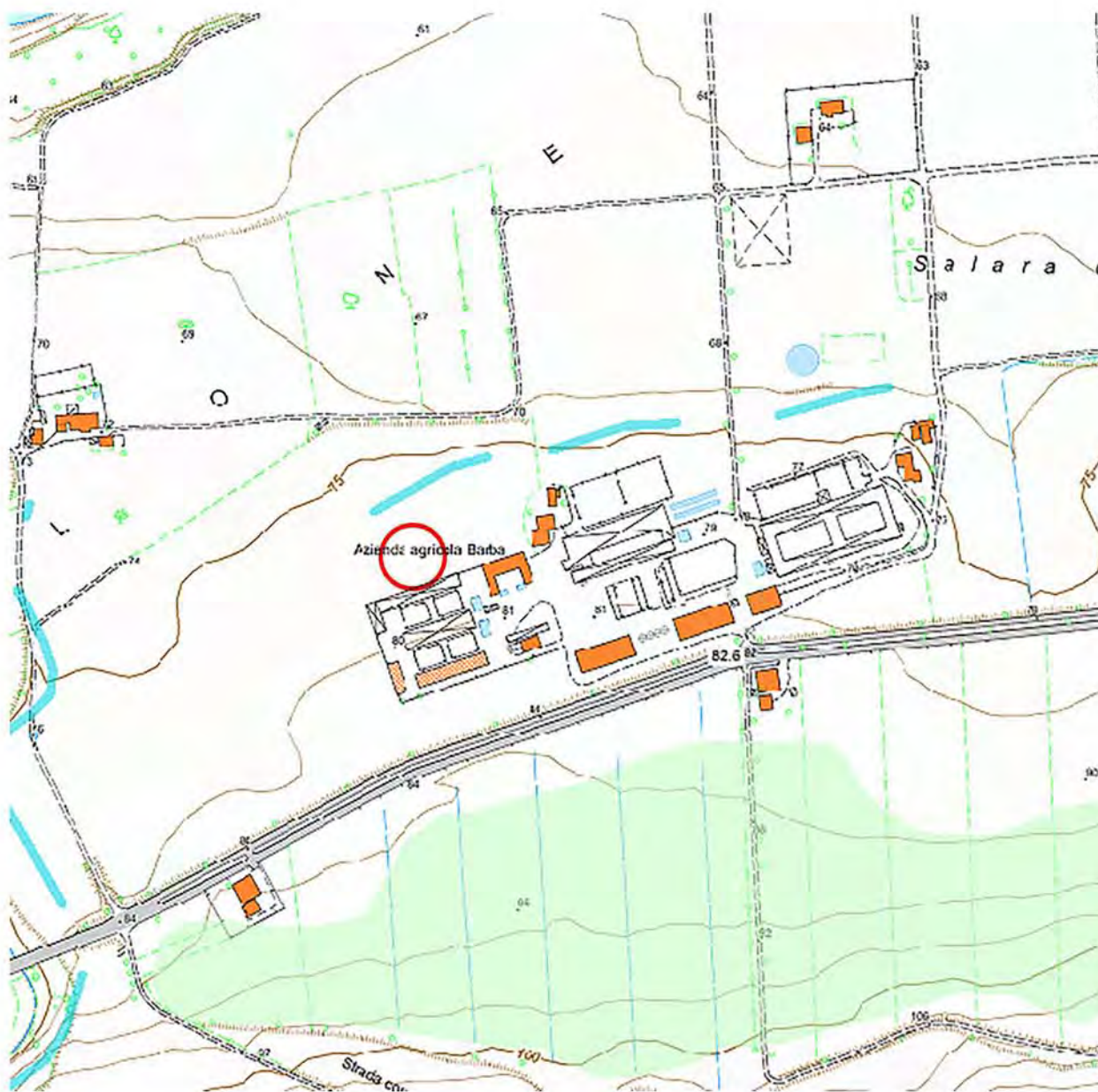



PS PERICOLOSITA' DA SCARPATA





Aree interessate da Dissesti generati da Scarpare

STRALCIO PLANIMETRICO CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

Scala 1:5.000



 Area in studio

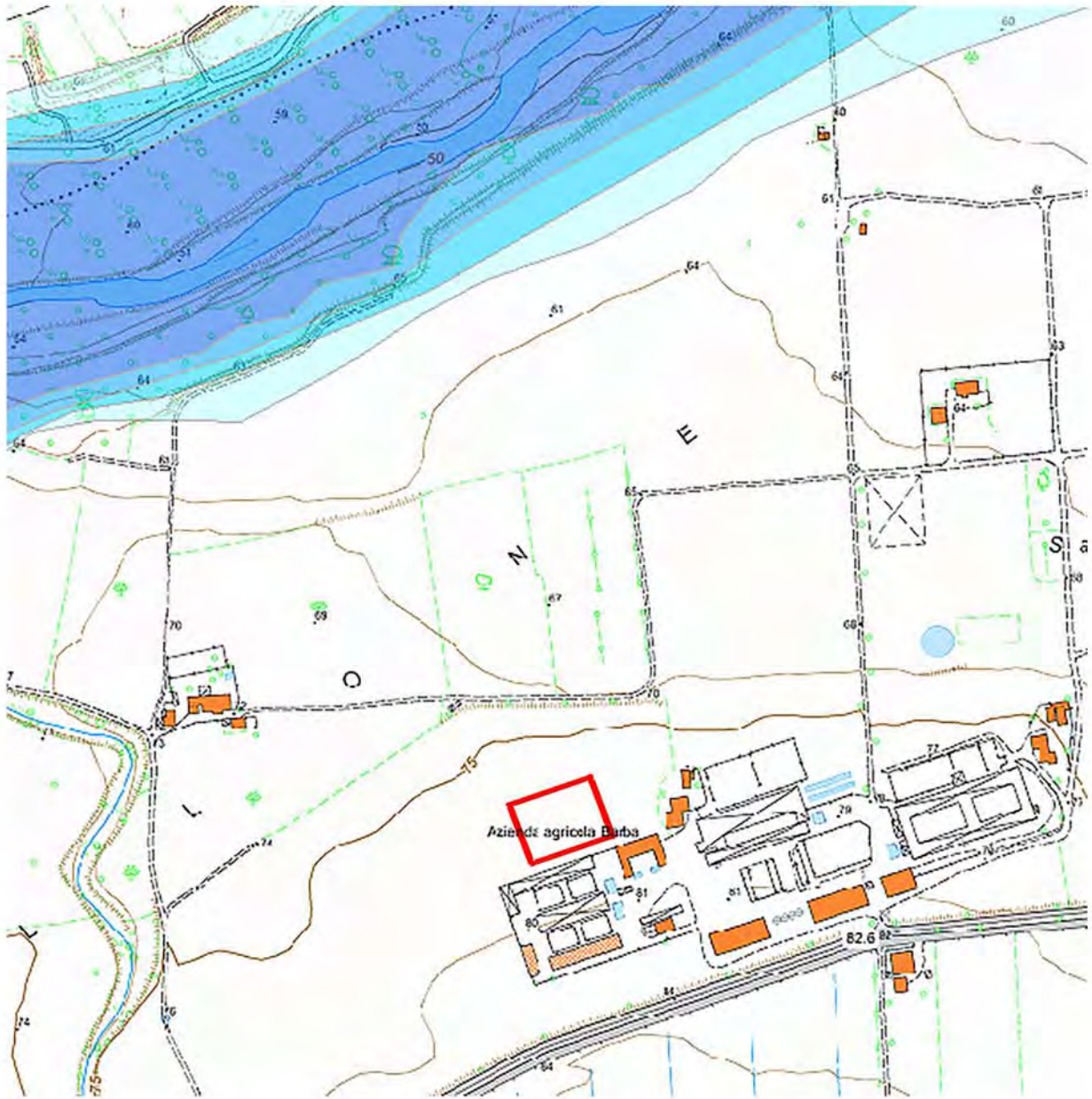
- 
P1 PERICOLOSITA' MODERATA
 Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione
- 
P2 PERICOLOSITA' ELEVATA
 Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione
- 
P3 PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
 Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente
- 
PS PERICOLOSITA' DA SCARPATA
 Aree interessate da Dissesti generati da Scarpatate.


CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Bacino del Vomano

Fiume Vomano

Scala 1:5.000



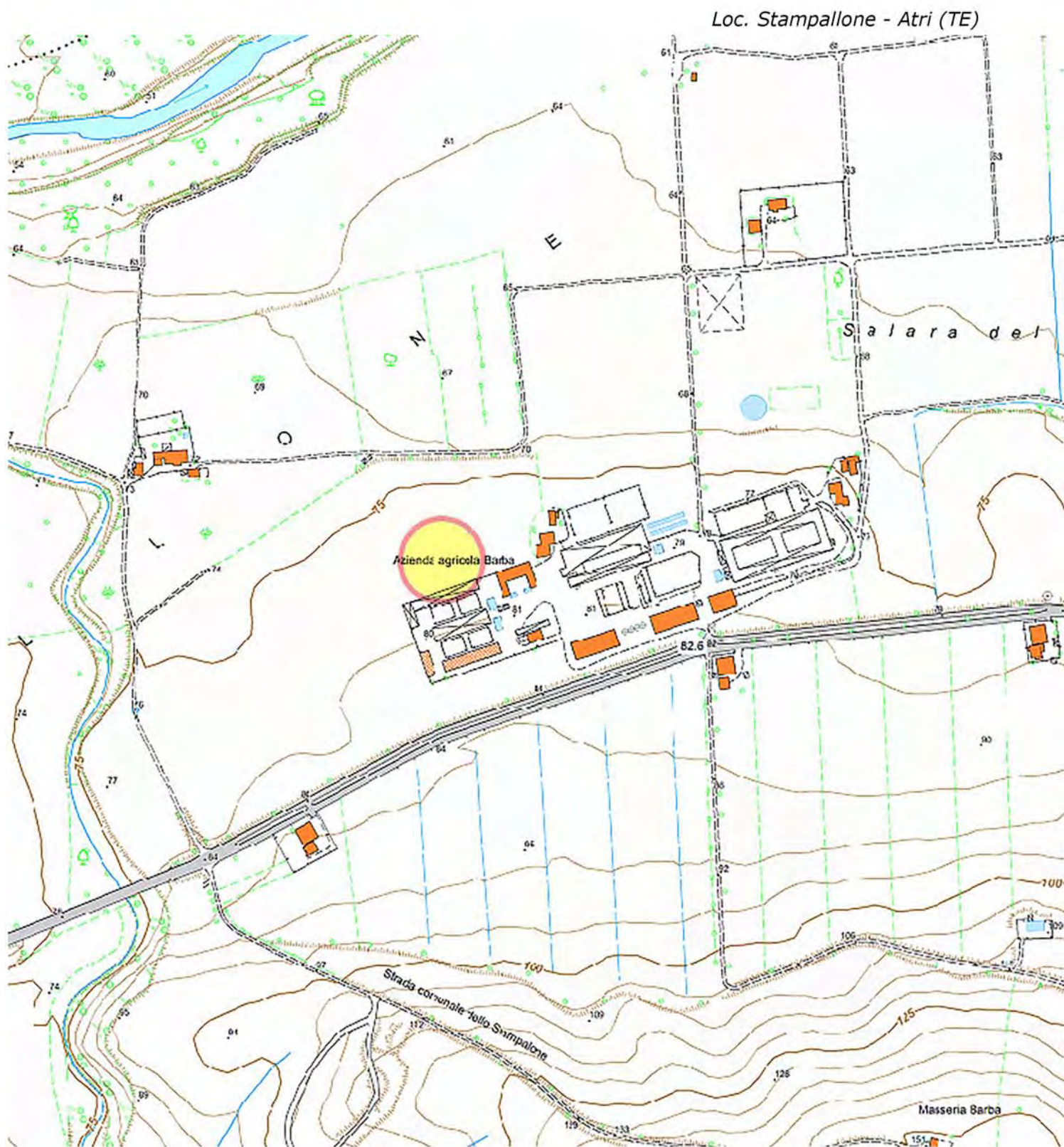
 Ubicazione area in studio

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)

	Pericolosità molto elevata $h_{50} > 1\text{m}$ $v_{50} > 1\text{m/s}$		Reticolo idrografico
	Pericolosità elevata $1\text{m} > h_{50} > 0.5\text{m}$ $h_{100} > 1\text{m}$ $v_{100} > 1\text{m/s}$		
	Pericolosità media $h_{100} > 0\text{m}$		
	Pericolosità moderata $h_{200} > 0\text{m}$		

STRALCIO PLANIMETRICO AREA IN STUDIO

Scala 1:5.000

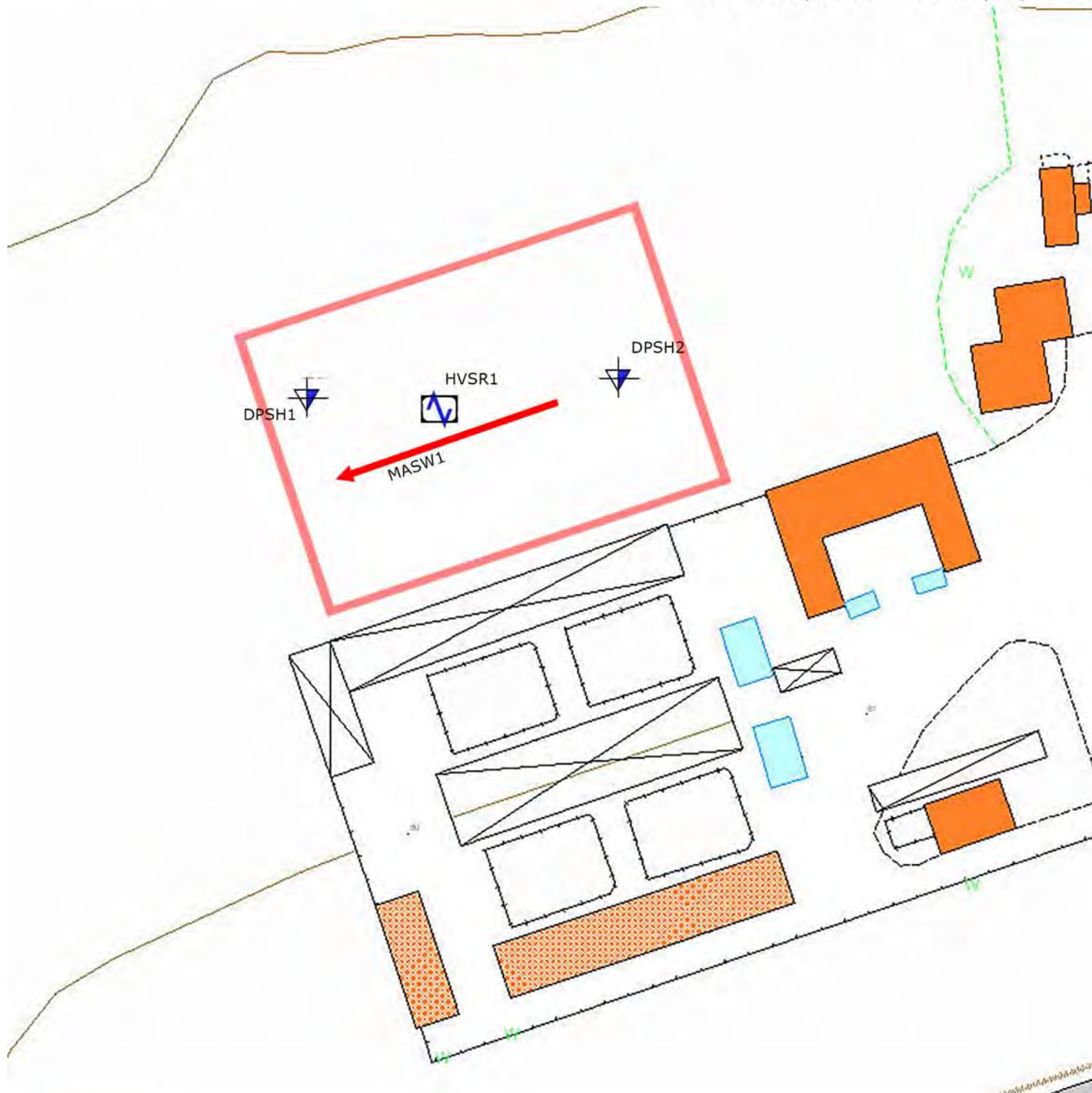


Ubicazione area in studio

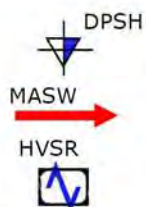
STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:2.000

Loc. Stampallone - ATRI (TE)



Ubicazione area in studio



Ubicazione prova penetrometrica dinamica

Ubicazione indagini sismiche

Coordinate WGS84
Lat. 42.616800
Long. 13.906678

COMUNE

ATRI

(TERAMO)

COMMITTENTE

DOTT. GEOL. GIANSANTE DANILO

OGGETTO

INDAGINI GEOTECNICHE IN LOCALITÀ VIA STAMPALLONE



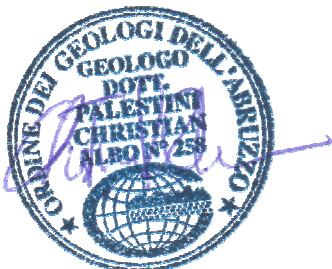
ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

TECNICI

Dott. Geol. Christian Palestini

Dott. Geol. Alessio Ricciardi



DATA

Gennaio 2023



GEOSOIL

Geologia - Geotecnica - Geofisica

Piazza Caduti del Mare, 33/35 - 65126 Pescara

TELEFONO/FAX: 085.2120643

MOBILE: 349.4017738 - Dott. Geol. Christian Palestini

MOBILE: 347.1105362 - Dott. Geol. Alessio Ricciardi

WEB: www.geosoil.it

E-MAIL: info@geosoil.it



UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:1.000



LEGENDA

- DPSH**
■ Prova penetrometrica dinamica

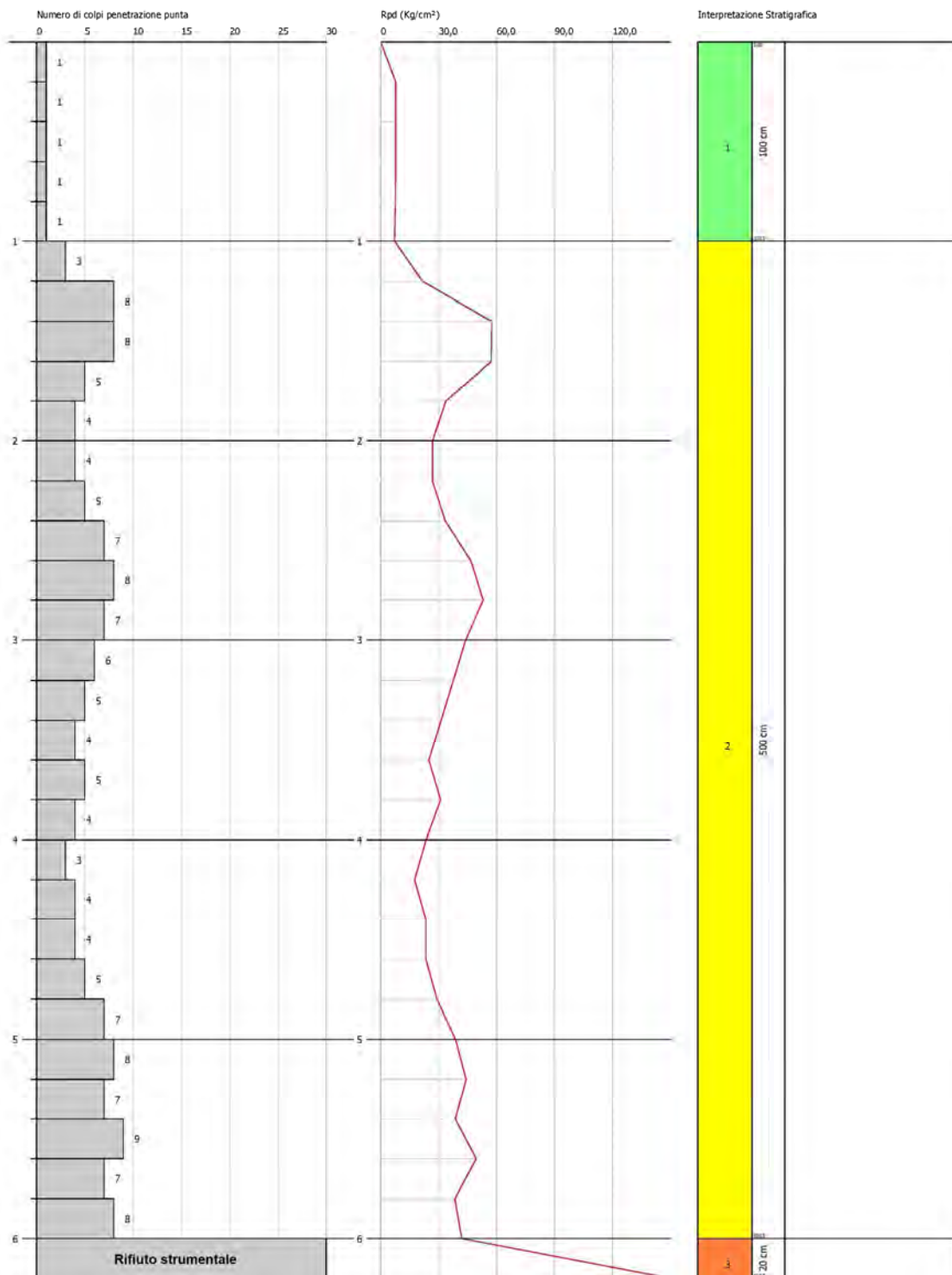


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... GEO DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Giansante Danilo
Cantiere: Indagini geotecniche in località Via Stampallone
Località: Atri (TE)

Data: 17/01/2023



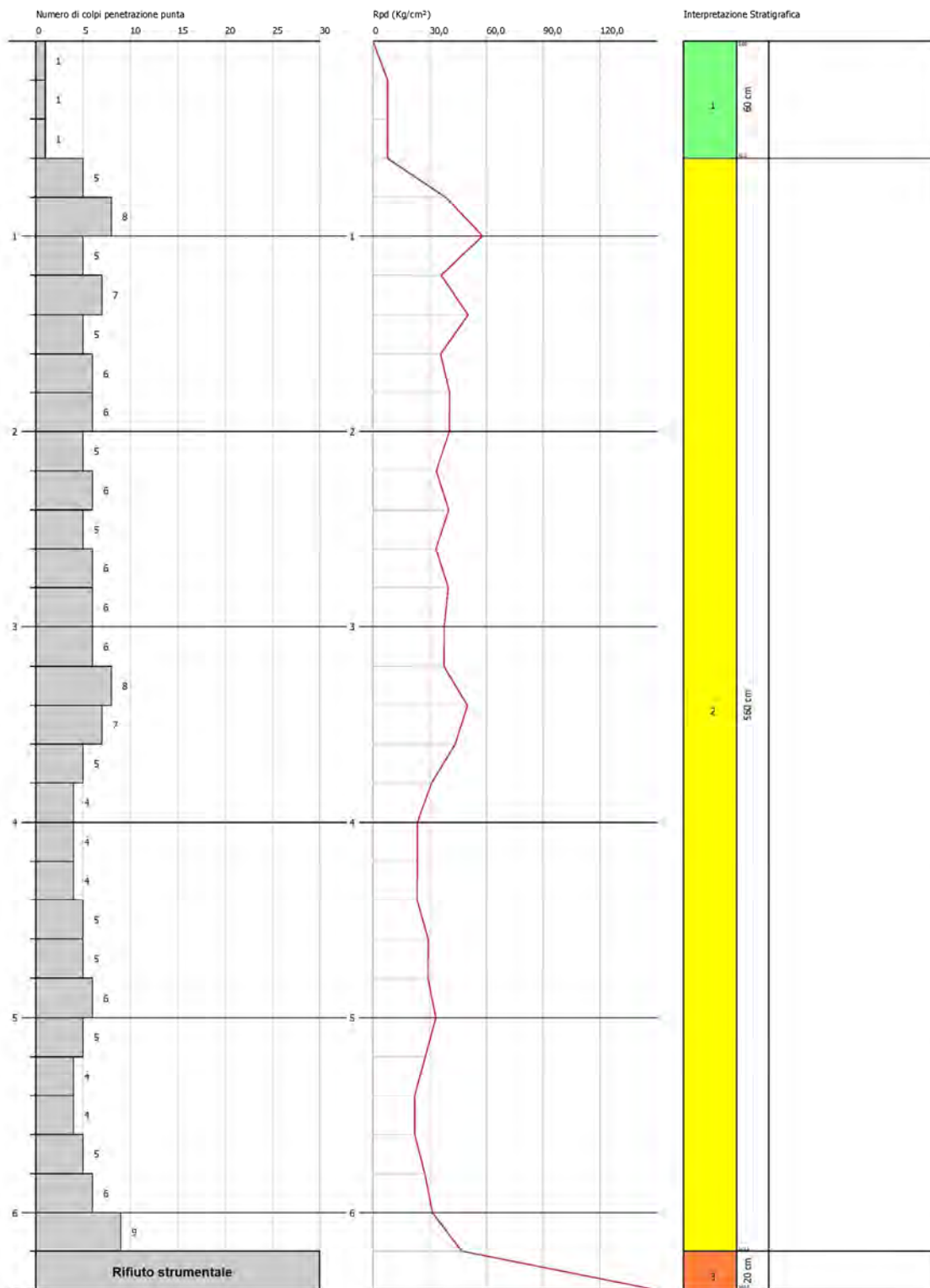


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... GEO DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Giansante Danilo
Cantiere: Indagini geotecniche in località Via Stampallone
Località: Atri (TE)

Data: 17/01/2023



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Dott. Geol. Giansante Danilo Cantiere: Indagini geotecniche in località Via Stampallone Località: Atri (TE)	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: GEO DEEP DRILL

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	30 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,748
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8

Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_i \cdot N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di

laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di $Nspt$

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $Nspt,k$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di $Nspt$ distribuiti normalmente:

$$Nspt,k = Nspt_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati $Nspt$ il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se $Nspt$ dello strato considerato risulta inferiore a $Nspt$ critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione $Nspt$ in presenza di falda

$$Nspt_{corretto} = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

$Nspt$ è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con $I.P. > 15$.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

GEO DEEP DRILL
 17/01/2023
 6,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	7,81	9,13	0,39	0,46
0,40	1	0,851	7,77	9,13	0,39	0,46
0,60	1	0,847	7,74	9,13	0,39	0,46
0,80	1	0,843	7,70	9,13	0,39	0,46
1,00	1	0,840	7,25	8,63	0,36	0,43
1,20	3	0,836	21,65	25,89	1,08	1,29
1,40	8	0,833	57,49	69,03	2,87	3,45
1,60	8	0,830	57,26	69,03	2,86	3,45
1,80	5	0,826	35,65	43,14	1,78	2,16
2,00	4	0,823	26,92	32,71	1,35	1,64
2,20	4	0,820	26,82	32,71	1,34	1,64
2,40	5	0,817	33,41	40,88	1,67	2,04
2,60	7	0,814	46,60	57,24	2,33	2,86
2,80	8	0,811	53,08	65,41	2,65	3,27
3,00	7	0,809	43,98	54,39	2,20	2,72
3,20	6	0,806	37,57	46,62	1,88	2,33
3,40	5	0,803	31,21	38,85	1,56	1,94
3,60	4	0,801	24,89	31,08	1,24	1,55
3,80	5	0,798	31,02	38,85	1,55	1,94
4,00	4	0,796	23,57	29,61	1,18	1,48
4,20	3	0,794	17,62	22,20	0,88	1,11
4,40	4	0,791	23,43	29,61	1,17	1,48
4,60	4	0,789	23,37	29,61	1,17	1,48
4,80	5	0,787	29,13	37,01	1,46	1,85
5,00	7	0,785	38,83	49,46	1,94	2,47
5,20	8	0,783	44,26	56,53	2,21	2,83
5,40	7	0,781	38,63	49,46	1,93	2,47
5,60	9	0,779	49,55	63,60	2,48	3,18
5,80	7	0,777	38,45	49,46	1,92	2,47
6,00	8	0,775	41,94	54,08	2,10	2,70
6,20	50	0,574	193,93	338,02	9,70	16,90

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglera t	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemma nn	De Beer
[1] -	1,75	1,00	0,11	0,22	0,00	0,07	0,17	0,27	0,16	0,57	0,09	0,31	0,22
[2] -	10,14	6,00	0,68	1,27	0,50	0,41	1,00	1,34	0,90	1,21	0,51	1,81	1,27
[3] -	87,4	6,20	5,90	10,93	0,00	2,65	8,80	10,14	5,23	11,32	4,37	15,61	10,93

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1,75	1,00	8,03	26,25	19,64	21,88
[2] -	10,14	6,00	46,52	--	105,21	101,40
[3] -	87,4	6,20	400,99	--	893,22	874,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1,75	1,00	-0,28	17,50
[2] -	10,14	6,00	96,21	101,40
[3] -	87,4	6,20	984,70	874,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1,75	1,00	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	10,14	6,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	87,4	6,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] -	1,75	1,00	Meyerhof	1,54
[2] -	10,14	6,00	Meyerhof	1,97
[3] -	87,4	6,20	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] -	1,75	1,00	Meyerhof	1,85
[2] -	10,14	6,00	Meyerhof	2,17
[3] -	87,4	6,20	Meyerhof	2,50

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1,75	1,00	8,96	33,2	0	11,64
[2] -	10,14	6,00	41,86	79,93	0	33,3
[3] -	87,4	6,20	100	100	0	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni (1982)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1,75	1,00	1,75	27,5	20,5	28,49	25,91	30,26	0	<30	20,12	27,52	23,89	20,92
[2] -	10,14	6,00	10,14	29,9	22,9	30,84	28,75	33,72	39,19	<30	27,33	30,04	39,22	29,24
[3] -	87,4	6,20	87,4	51,97	44,97	52,47	32,24	39,12	42	>38	51,21	53,22	58,03	56,81

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1,75	1,00	1,75	---	14,00	---	---	---
[2] -	10,14	6,00	10,14	227,29	81,12	120,35	256,05	125,70
[3] -	87,4	6,20	87,4	667,31	699,20	1032,02	835,50	512,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1,75	1,00	1,75	---	31,06	12,43	45,81
[2] -	10,14	6,00	10,14	60,84	48,29	71,99	83,22
[3] -	87,4	6,20	87,4	524,40	206,99	620,54	427,80

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	1,75	1,00	1,75	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	10,14	6,00	10,14	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	87,4	6,20	87,4	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] -	1,75	1,00	1,75	Meyerhof ed altri	1,39
[2] -	10,14	6,00	10,14	Meyerhof ed altri	1,73
[3] -	87,4	6,20	87,4	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] -	1,75	1,00	1,75	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] -	10,14	6,00	10,14	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
[3] -	87,4	6,20	87,4	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,23

PROVA DPSH2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

GEO DEEP DRILL
 17/01/2023
 6,40 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	7,81	9,13	0,39	0,46
0,40	1	0,851	7,77	9,13	0,39	0,46
0,60	1	0,847	7,74	9,13	0,39	0,46
0,80	5	0,843	38,51	45,67	1,93	2,28
1,00	8	0,840	57,97	69,03	2,90	3,45
1,20	5	0,836	36,08	43,14	1,80	2,16
1,40	7	0,833	50,31	60,40	2,52	3,02
1,60	5	0,830	35,79	43,14	1,79	2,16
1,80	6	0,826	42,78	51,77	2,14	2,59
2,00	6	0,823	40,39	49,06	2,02	2,45
2,20	5	0,820	33,53	40,88	1,68	2,04
2,40	6	0,817	40,09	49,06	2,00	2,45
2,60	5	0,814	33,29	40,88	1,66	2,04
2,80	6	0,811	39,81	49,06	1,99	2,45
3,00	6	0,809	37,70	46,62	1,88	2,33
3,20	6	0,806	37,57	46,62	1,88	2,33
3,40	8	0,803	49,94	62,16	2,50	3,11
3,60	7	0,801	43,56	54,39	2,18	2,72
3,80	5	0,798	31,02	38,85	1,55	1,94
4,00	4	0,796	23,57	29,61	1,18	1,48
4,20	4	0,794	23,50	29,61	1,17	1,48
4,40	4	0,791	23,43	29,61	1,17	1,48
4,60	5	0,789	29,21	37,01	1,46	1,85
4,80	5	0,787	29,13	37,01	1,46	1,85
5,00	6	0,785	33,28	42,40	1,66	2,12
5,20	5	0,783	27,67	35,33	1,38	1,77
5,40	4	0,781	22,08	28,27	1,10	1,41
5,60	4	0,779	22,02	28,27	1,10	1,41
5,80	5	0,777	27,46	35,33	1,37	1,77
6,00	6	0,775	31,46	40,56	1,57	2,03
6,20	9	0,774	47,08	60,84	2,35	3,04
6,40	50	0,572	193,35	338,02	9,67	16,90

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglera t	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemma nn	De Beer
[1] -	1,75	0,60	0,11	0,22	0,00	0,07	0,17	0,27	0,16	0,57	0,09	0,31	0,22
[2] -	9,81	6,20	0,66	1,23	0,50	0,39	0,96	1,31	0,87	1,18	0,49	1,75	1,23
[3] -	87,4	6,40	5,90	10,93	0,00	2,65	8,80	10,14	5,23	11,32	4,37	15,61	10,93

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1,75	0,60	8,03	26,25	19,64	21,88
[2] -	9,81	6,20	45,01	--	101,85	122,63
[3] -	87,4	6,40	400,99	--	893,22	874,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1,75	0,60	-0,28	17,50
[2] -	9,81	6,20	92,42	98,10
[3] -	87,4	6,40	984,70	874,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1,75	0,60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	9,81	6,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	87,4	6,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] -	1,75	0,60	Meyerhof	1,54
[2] -	9,81	6,20	Meyerhof	1,96
[3] -	87,4	6,40	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] -	1,75	0,60	Meyerhof	1,85
[2] -	9,81	6,20	Meyerhof	2,16
[3] -	87,4	6,40	Meyerhof	2,50

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1,75	0,60	8,96	33,2	0	11,64
[2] -	9,81	6,20	41,11	78,61	0	32,57
[3] -	87,4	6,40	100	100	0	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni (1982)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1,75	0,60	1,75	27,5	20,5	28,49	25,91	30,26	0	<30	20,12	27,52	23,89	20,92
[2] -	9,81	6,20	9,81	29,8	22,8	30,75	28,7	33,6	0	<30	27,13	29,94	38,93	29,01
[3] -	87,4	6,40	87,4	51,97	44,97	52,47	32,24	39,12	42	>38	51,21	53,22	58,03	56,81

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1,75	0,60	1,75	---	14,00	---	---	---
[2] -	9,81	6,20	9,81	---	78,48	116,46	---	---
[3] -	87,4	6,40	87,4	667,31	699,20	1032,02	835,50	512,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1,75	0,60	1,75	---	31,06	12,43	45,81
[2] -	9,81	6,20	9,81	---	47,61	69,65	81,75
[3] -	87,4	6,40	87,4	524,40	206,99	620,54	427,80

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	1,75	0,60	1,75	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	9,81	6,20	9,81	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	87,4	6,40	87,4	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] -	1,75	0,60	1,75	Meyerhof ed altri	1,39
[2] -	9,81	6,20	9,81	Meyerhof ed altri	1,72
[3] -	87,4	6,40	87,4	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] -	1,75	0,60	1,75	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] -	9,81	6,20	9,81	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
[3] -	87,4	6,40	87,4	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,23

COMUNE

ATRI

(TERAMO)

COMMITTENTE

DOTT. GEOL. GIANSANTE DANILO

OGGETTO

INDAGINI SISMICHE IN LOCALITÀ VIA STAMPALLONE



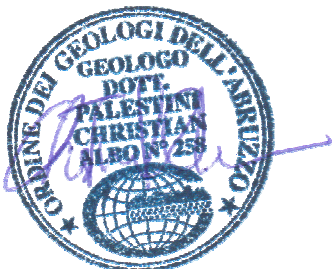
ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

TECNICI

Dott. Geol. Christian Palestini

Dott. Geol. Alessio Ricciardi



DATA

Gennaio 2023



GEOSOIL

Geologia - Geotecnica - Geofisica

Piazza Caduti del Mare, 33/35 - 65126 Pescara

TELEFONO/FAX: 085.2120643

MOBILE: 349.4017738 - Dott. Geol. Christian Palestini

MOBILE: 347.1105362 - Dott. Geol. Alessio Ricciardi

WEB: www.geosoil.it

E-MAIL: info@geosoil.it



GEOSOIL

Geologia - Geotecnica - Geofisica

Piazza Caduti del Mare, 33/35 - 65126 Pescara

TELEFONO/FAX: 085.2120643

MOBILE: 349.4017738 - Dott. Geol. Christian Palestini

MOBILE: 347.1105362 - Dott. Geol. Alessio Ricciardi

WEB: www.geosoil.it

E-MAIL: info@geosoil.it

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	INDAGINI SISMICHE	3
2.1	MASW	3
2.1.1	Cenni teorici	3
2.1.2	Acquisizione ed interpretazione dati	3
2.2	HVSR	4
2.2.1	Cenni teorici	4
2.2.2	Acquisizione ed interpretazione dati	5
2.3	Moduli elastici dinamici	6
2.4	Categorie di sottosuolo	6
3	RISULTATI E CONCLUSIONI	8

TAVOLE

TAV. 1	UBICAZIONE INDAGINI
TAV. 2	MASW1
TAV. 3	SISMOGRAMMI MASW1
TAV. 4	HVSR1



1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra i risultati di *INDAGINI SISMICHE IN LOCALITÀ VIA STAMPALLONE*, realizzate nel Comune di *ATRI (TE)* e commissionate da *DOTT. GEOL. GIANSANTE DANILO*.

Di seguito si riportano le specifiche tecniche delle indagini eseguite.

MASW					
Linea sismica	Energizzazione	Geofoni	Distanza intergeofonica	Lunghezza linea	Shots
MASW1	Onde P	12	3 m	39 m	2
HVSr					
Microtremori	Ubicazione	Frequenza di campionamento		Tempo di registrazione	
HVSr1	Suolo	128 Hz		10 min	

Le indagini sono state programmate cercando un giusto compromesso tra la necessità di investigare le zone d'interesse, le difficoltà logistiche, le profondità massime da esplorare e la risoluzione del metodo.

Le indagini hanno permesso di ottenere informazioni sismostratigrafiche utili alla corretta caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni ed alla valutazione della categoria di sottosuolo ai sensi del *D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*.

La presente relazione tecnica è da intendersi esclusivamente come un rapporto tecnico sulle indagini effettuate e costituisce, quindi, un elaborato specialistico di descrizione delle indagini ed analisi dei dati acquisiti.



2 INDAGINI SISMICHE

2.1 MASW

2.1.1 Cenni teorici

Il metodo *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) studia la propagazione delle onde superficiali dalla sorgente (*shot point*) ai ricevitori (*geofoni*) e permette di definire il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s). Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di *Rayleigh*, le quali risultano essere soggette al fenomeno della *dispersione*: in un mezzo stratificato, onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase. Tale fenomeno è dovuto al fatto che onde ad alta frequenza si propagano negli strati superficiali lenti (quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo) mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati profondi veloci (quindi danno informazioni sugli strati più profondi).

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio regolare e con stratificazione parallela, per cui una limitazione alla sua applicabilità è rappresentata da strati significativamente pendenti (più di 20-30°) e topografia irregolare.

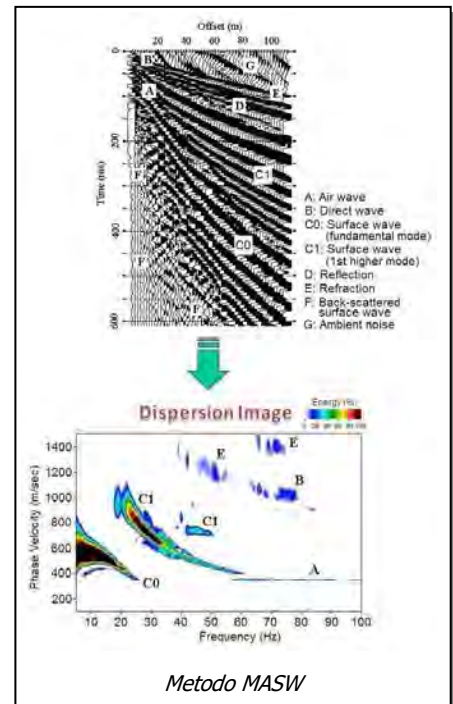
La determinazione della velocità delle onde di taglio (V_s) tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) e S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

2.1.2 Acquisizione ed interpretazione dati

Come generatore di onde sismiche è stato utilizzato un martello di 10 kg che, tramite un operatore, batte su una piastra metallica. Per ogni *shot point* viene preparata una piazzola, eventualmente asportando i primi centimetri di suolo vegetale scadente, in cui si posiziona la piastra; in questo modo si ottiene una migliore energizzazione sismica in termini di ampiezza e di spettro dell'impulso immesso, con un incremento del rapporto segnale/rumore.

Come sensori sono stati utilizzati geofoni verticali da 4,5 Hz, infissi nel terreno o poggiati sulla pavimentazione ad intervalli costanti (≤ 5 m) e collegati tramite cavi elettrici multipolari all'unità di acquisizione dati; quest'ultima è costituita da un sismografo modello Ambrogeo ECHO 24 a 12-24 canali, collegato ad un notebook.



Metodo MASW



Eseguito il posizionamento dei geofoni sul terreno (o pavimentazione), collegati questi tramite morsetti bipolari ai cavi elettrici e questi ultimi al sismografo, sono stati realizzati alcuni *shots* di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo ed impostazione delle amplificazioni dei canali di registrazione. Effettuata la taratura della strumentazione, si è proceduto all'acquisizione sismica effettuando le energizzazioni ad inizio e/o fine linea, ad una distanza dal 1° geofono (*offset*) pari a 1-5 volte la distanza intergeofonica. L'istante di tempo zero, ovvero il segnale d'inizio registrazione, è inviato allo strumento da uno *shock-sensor* (*hammer switch*) posto direttamente sul martello (*trigger*).



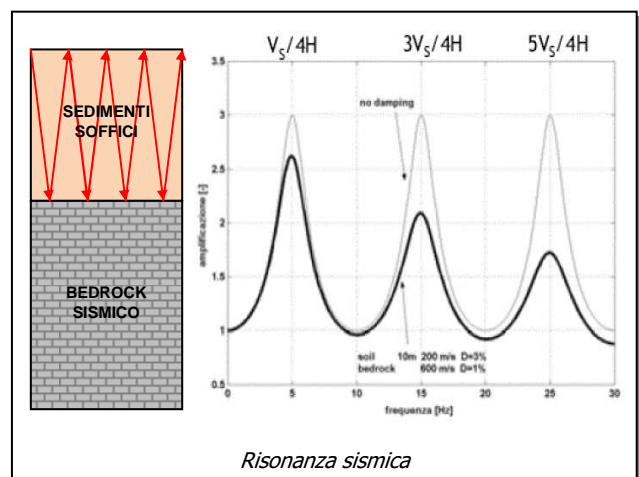
I sismogrammi acquisiti sono stati, in primo luogo, sottoposti ad una fase di *processing* digitale (*stacking, dc remove, cuttings, trace killing*), al fine di ridurre i rumori di fondo e strumentali dai sismogrammi, aumentando il rapporto segnale/rumore ed esaltando le onde di superficie. Successivamente si è passati alla fase d'interpretazione consistente, inizialmente, nell'analisi spettrale dei sismogrammi ed estrazione della curva di dispersione mediante *picking* nel dominio *FK* e *FV*; infine, attraverso un metodo d'inversione iterativa, si arriva alla definizione di un profilo di V_S ottimale, per il quale si ha la migliore corrispondenza tra curva di dispersione calcolata e misurata.

2.2 HVSR

2.2.1 Cenni teorici

Il rumore sismico ambientale (*noise*), presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento), dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre; tale rumore è definito *microtremore* in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10^{-15} [m/s²]² in termini di accelerazione) e molto inferiori a quelle indotte dai terremoti.

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno pianeggiante presenta l'andamento illustrato in figura, dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche; tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco





anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

In generale, nel tragitto dalla sorgente ad un sito in superficie, le onde elastiche subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato; nei microtremori, quindi, è presente una parte debolmente correlata nel segnale che contiene informazioni relative ai mezzi attraversati. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene un'informazione nascosta all'interno del rumore casuale e che può essere estratta attraverso opportune metodologie.

2.2.2 Acquisizione ed interpretazione dati

L'acquisizione dei microtremori è stata effettuata con tromografo digitale Micromed TROMINO®.

Le indagini sono state effettuate posizionando il tromografo sul terreno (asportando i primi centimetri di suolo al fine di ottenere un buon accoppiamento) e/o sulla struttura ed effettuando una registrazione di durata pari a 10-20 minuti.

L'archiviazione ed elaborazione dati è stata effettuata attraverso il software *Grilla*, il quale permette di suddividere ognuna delle 3 componenti del segnale registrato in finestre temporali (es. 20 s), per ognuna delle quali vengono calcolati gli spettri in frequenza, vengono lisciati con una funzione di *smoothing* (es. *Triangular windows* 10%) e vendono mediati al fine di limitare i disturbi indotti da rumori transitori.



Esecuzione della misura HVSR

L'analisi che si è maggiormente consolidata nello studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale o *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), applicata da NOGOSHI e IGARASHI (1970) e resa popolare principalmente da NAKAMURA (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Il metodo di NAKAMURA si basa sulle seguenti ipotesi:

- le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base;
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale.

In un sistema bistrato, in cui una coltre sedimentaria con velocità delle onde di taglio V_s sovrasta un *bedrock*, la somma tra onde incidenti e riflesse genera ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o suoi multipli dispari n) lo spessore H del primo strato. La curva *HVSR* mostrerà un picco per la frequenza fondamentale di risonanza f pari a:



$$f = n \cdot \frac{V_S}{4H}$$

In un sistema multistrato, con alternanza tra strati di spessore h_i e con velocità V_{Si} , la frequenza fondamentale di risonanza f è pari a:

$$f = \frac{1}{4 \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Attraverso un metodo d'inversione, si determina un profilo di V_S ottimale, per il quale si ha la migliore corrispondenza tra curva *HVSR* calcolata e misurata.

Al fine di definire le frequenze proprie di vibrazione (*modi*) di un edificio, si utilizza l'analisi *Standard Spectral Ratio (SSR)*, ovvero il rapporto spettrale tra le componenti orizzontali misurate a vari livelli (piani) e le medesime componenti al livello di base (piano terra); in generale, la curva risultante mostrerà il massimo picco in corrispondenza del modo flessionale fondamentale dell'edificio ed eventuali picchi meno evidenti in corrispondenza dei modi superiori.

2.3 Moduli elastici dinamici

Di seguito si riportano le formule dei moduli elastici di un terreno, noti i valori di velocità delle onde P e S (V_P e V_S) e della densità (ρ).

Coefficiente di POISSON dinamico

$$\nu = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1}$$

Modulo di taglio dinamico

$$G_d = \rho \cdot V_S^2$$

Modulo di YOUNG dinamico

$$E_d = \rho \cdot V_S^2 \cdot \frac{3V_P^2 - 4V_S^2}{V_P^2 - V_S^2}$$

Modulo di compressibilità dinamico

$$K_d = \rho \cdot \left(V_P^2 - \frac{4}{3} V_S^2 \right)$$

2.4 Categorie di sottosuolo

- A) *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.



- B) *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.
- C) *Depositati 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.
- D) *Depositati 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.
- E) *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.

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ 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 V_S non inferiore a 800 m/s.



3 RISULTATI E CONCLUSIONI

L'interpretazione dei dati sismici ha permesso di trarre le seguenti conclusioni.

- ✓ La MASW (TAV. 2) evidenzia il seguente profilo delle onde di taglio V_s :

MASW1	
Profondità sismostrato (m)	V_s (m/s)
1,1	113
3,0	186
6,3	229
9,4	374
14,9	398
17,8	371
23,2	399
27,0	415
30,0	444

- ✓ Di seguito si riportano i valori di $V_{s,eq}$ (da 1 m di profondità) e Categoria di sottosuolo:

	MASW1
$V_{s,eq}$ (m/s)	344
Categoria di sottosuolo	C

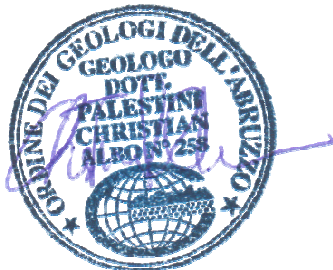
- ✓ La misura HVSR (TAV. 4) evidenzia le seguenti frequenze di amplificazione sismica al suolo:

HVSR1
Frequenza (Hz)
11,0
34,6

Il picco ad alta frequenza (34,6 Hz) è probabilmente legato ad amplificazioni stratigrafiche superficiali. Il picco a media frequenza (11,0 Hz) è probabilmente legato ad amplificazioni stratigrafiche a media profondità.

Pescara, Gennaio 2023.

Dott. Geol. Christian Palestini



Dott. Geol. Alessio Ricciardi



TAVOLE



UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:1.000

TAV. 1

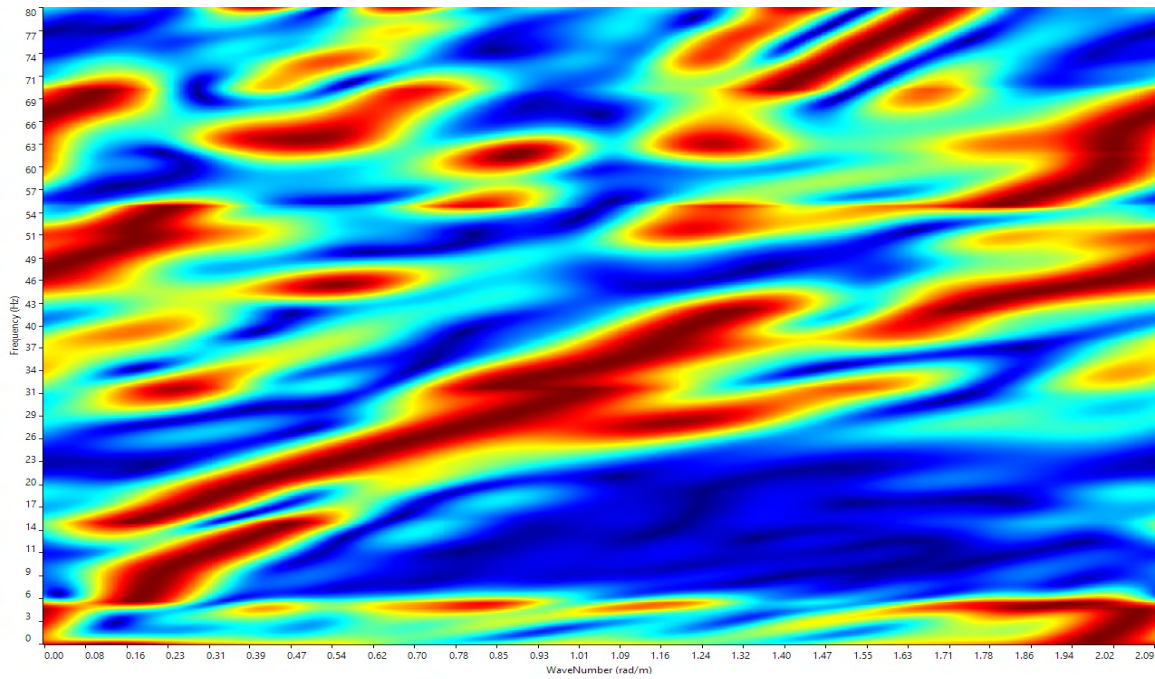


LEGENDA

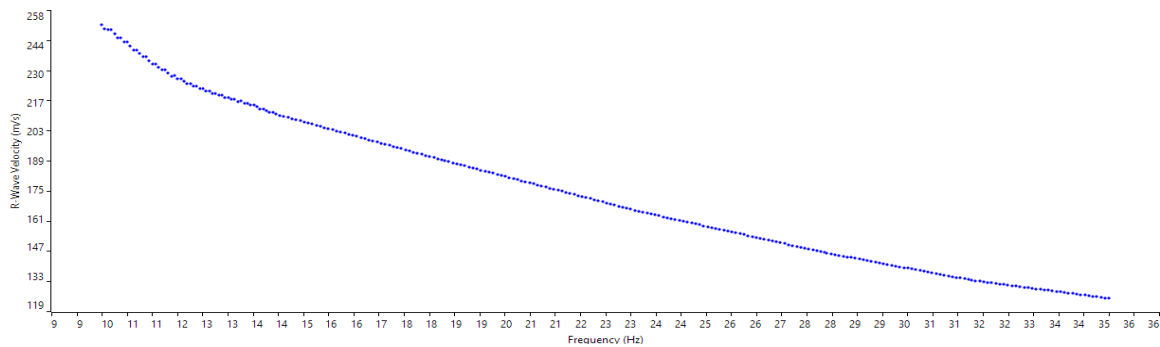
- MASW** → Indagine sismica MASW
- HVSR** ● Indagine sismica HVSR



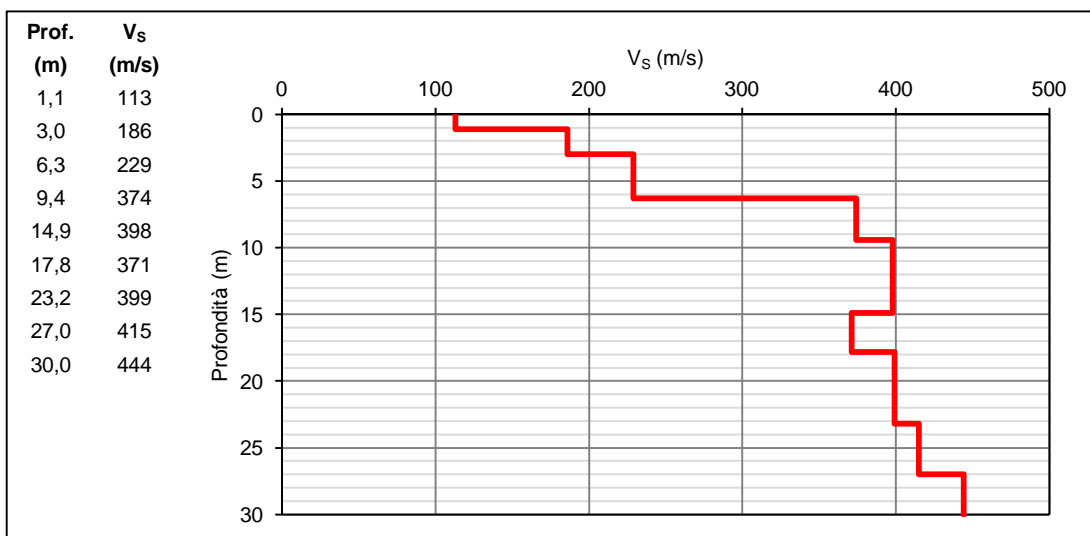
Dominio FK



Curva di dispersione



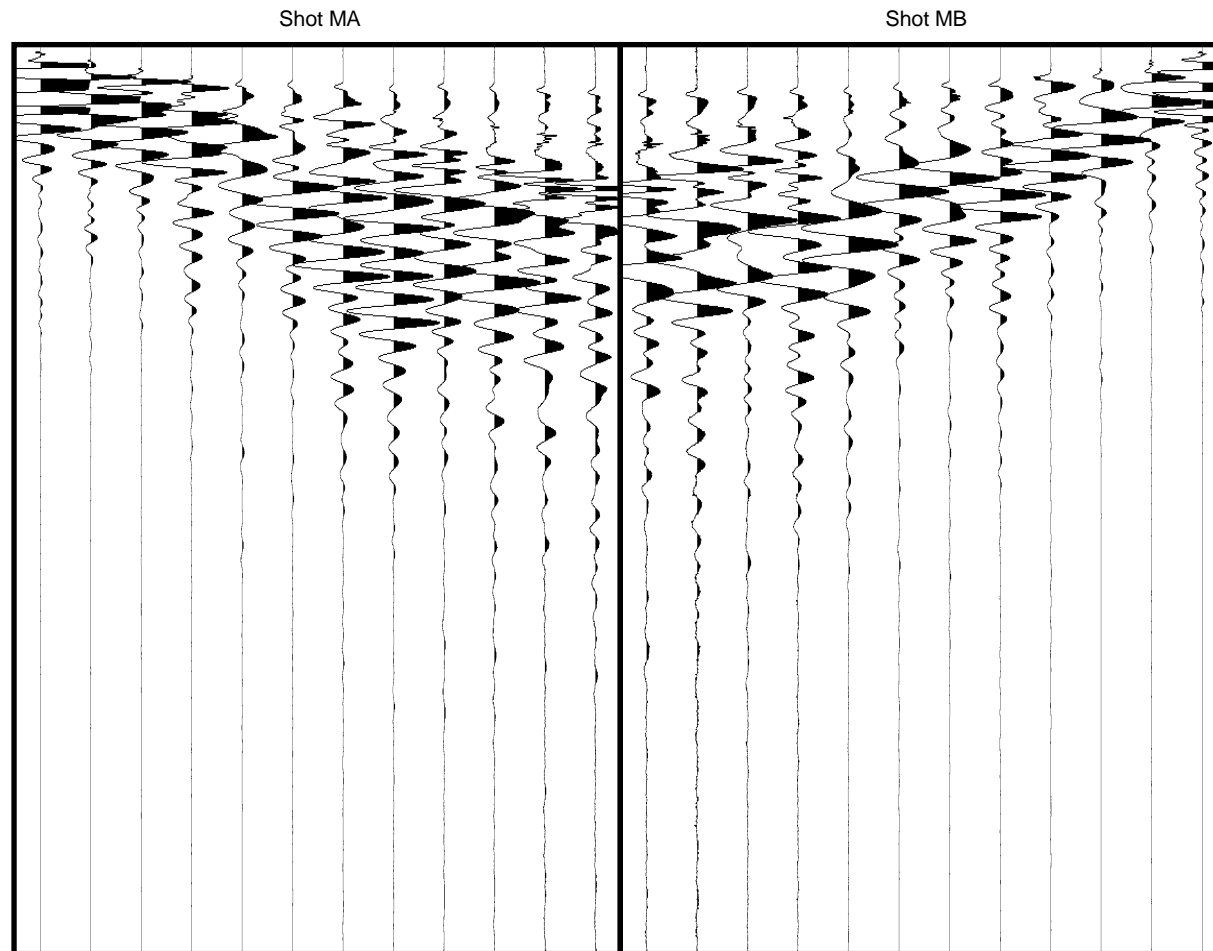
Profilo onde di taglio V_s





SISMOGRAMMI MASW1

TAV. 3



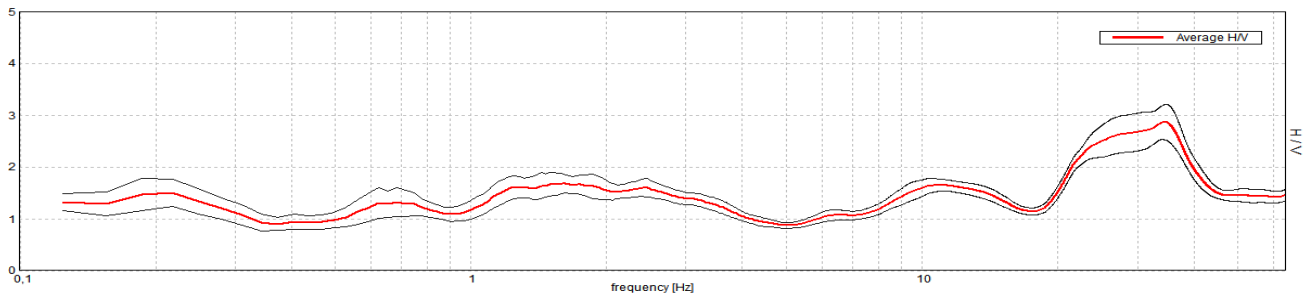
Comune: Atri (TE)
Committente: Dott. Geol. Giansante Danilo
Oggetto: Indagini sismiche in località Via Stampallone
Data: 11/01/2023

Lunghezza linea: 39 m
Geofoni: 12
Distanza intergeofonica: 3 m
Shots: 2

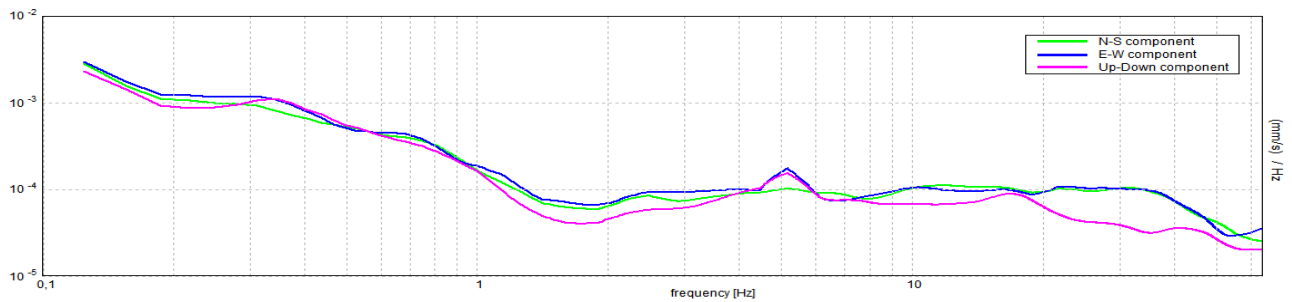
Sismografo: ECHO 12-24
Tempo di registrazione: 1000 ms
Sample interval: 0,13 ms - Samples: 7650
Trace equalization: Si - Filtro high-cut: No



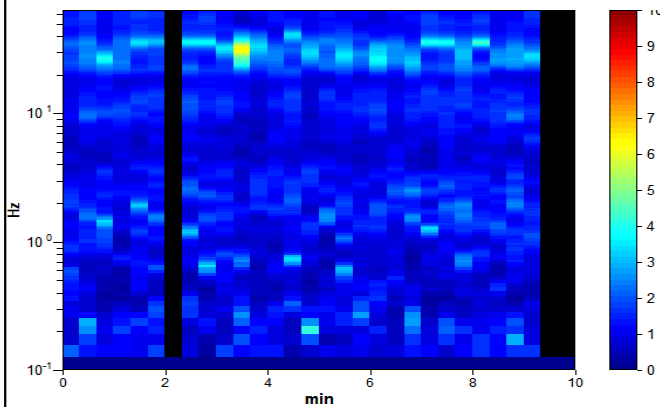
HVSR



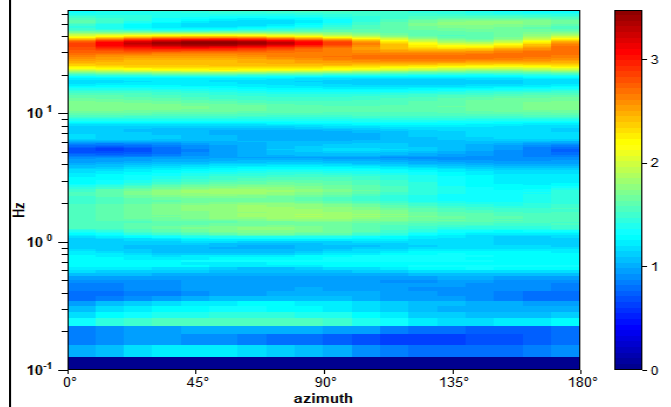
Spettri delle componenti



Serie temporale HVSR



HVSR direzionale



Criteri linee guida SESAME

Picco massimo HVSR (Hz)	34,6
Criteri di affidabilità curva HVSR	
$f_0 > 10 / L_w$	OK
$n_c(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0,5\text{Hz}$	OK
Criteri di affidabilità picco HVSR	
Esiste f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$	OK
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$	OK
$A_0 > 2$	OK
$f_{picco}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

Comune: Atri (TE)
 Committente: Dott. Geol. Giansante Danilo
 Oggetto: Indagini sismiche in località Via Stampallone
 Data: 11/01/2023

Tromografo: Tromino TRZ-0014/01-09
 Tempo di registrazione: 10 min
 Frequenza di campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Lisciamento: Triangular window 15%



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

Selezione Mappa

Visualizza punti della griglia riferiti a:

Parametro dello scuotimento: **PGA**

Probabilità in 50 anni: **10%**

Percentile: **50°**

Periodo spettrale (sec.):

Ridisegna mappa

Navigazione

Scala: (Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)

Scala:

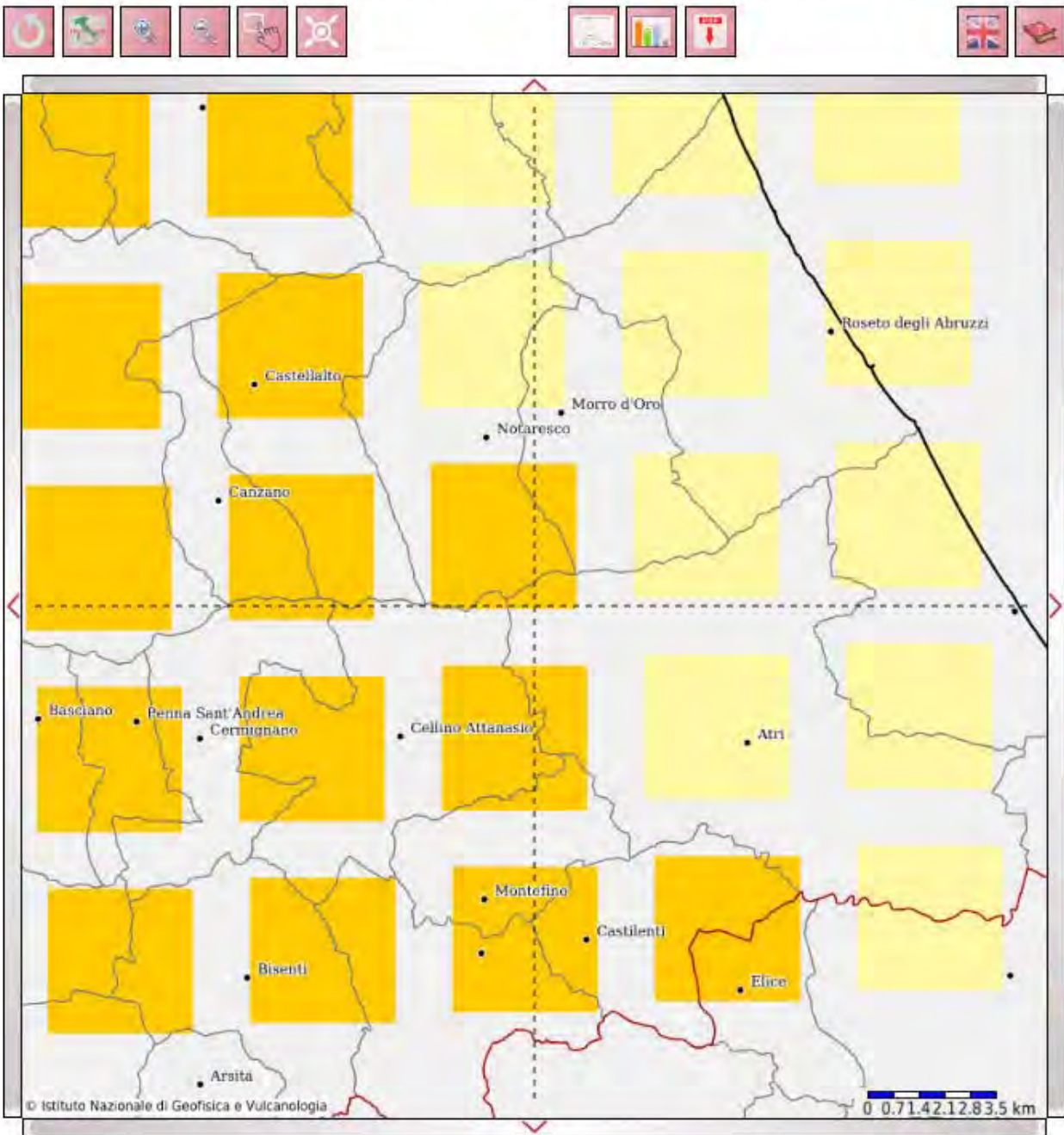
Coordinate del centro della mappa

Lat.:

Long.:

Ricerca Comune

Il nome contiene:



Legenda

< 0.025g
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000

Copyright



© Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

0 0.71.42.12.83.5 km