

COMUNE DI ANCARANO
(PROVINCIA DI TERAMO)

**RELAZIONE GEOLOGICA, CARATTERIZZAZIONE
GEOTECNICA E MODELLAZIONE SISMICA**

Oggetto:

**MODIFICA SOSTANZIALE DELL'IMPAINTO SITO IN VIA BONIFICA
DEL TRONTO, ANCARANO (TE), AUTORIZZATO CON
AUTORIZZAZIONE UNICA AMBIENTALE N.6048 DEL 10/11/2020
RILASCIATA DAL SUAP DEL COMUNE DI ANCARANO**

Località':

STRADA PROVINCIALE BONIFICA SP1 – ANCARANO - (TE)

**Proprietà
SAMICA S.R.L.**

**Tecnico:
DANIELE MORGANTI GEOLOGO**



INDICE

1	OGGETTO	3
2	PREMESSA.....	3
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	4
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
5	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI DELL'AREA.....	6
6	CENNI STRUTTURALI	8
7	PERICOLOSITA' NATURALI.....	8
8	SISMICITA'	9
9	INDAGINI GEOGNOSTICHE	18
9.1	CARATTERISTICHE MECCANICHE E LITOSTRATIGRAFIA.....	18
9.2	CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA	20
9.2.1	Introduzione: prova Sismica Multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) 20	
9.2.2	Strumentazione e elaborazione indagine.....	22
9.2.3	Definizione della Vseq e classificazione del suolo	26
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	28

ALLEGATI

1 OGGETTO

Lo studio geologico in oggetto è stato effettuato per la "Modifica sostanziale dell'impianto sito in via Bonifica del Tronto autorizzato con Autorizzazione Unica Ambientale n. 6048 del 10/11/2020 rilasciata dal SUAP di Ancarano".

L'area in esame è inquadrabile topograficamente nelle sezioni n. 327092 e 327103 della Carta Tecnica Regione della Regione Abruzzo.

2 PREMESSA

Lo studio eseguito in ottemperanza al D.M. 11/03/88 ha permesso la conoscenza di:

- ✓ condizioni geomorfologiche del sito ;
- ✓ natura dei materiali costituenti e modello stratigrafico del sottosuolo ;
- ✓ condizioni idrogeologiche del sito ;
- ✓ proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, ai fini della modellazione in termini fisico – matematici.

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa a cui si è fatto riferimento per la stesura della seguente relazione è la successiva:

- ✚ D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- ✚ Circolare LL.PP. n. 30483 del 24/09/88. "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- ✚ D.M. 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (pubblicata su S.O. n 8 della G.U. n.42 del 20/02/2018);
- ✚ CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
Legge n. 229 del 15 dicembre 2016. Interventi urgenti in favore delle popolazioni

Lo scopo della presente relazione è quello di verificare, in base ai risultati delle indagini, la fattibilità dell'intervento, tenendo conto dell'incremento dei carichi, di

eventuali nuovi cedimenti e delle sollecitazioni sismiche indotte da eventuali terremoti, ricadendo l'area in territorio classificato sismico (D.G.R. n. 1046/2003) di seconda categoria, con grado di sismicità $S = 9$.

Si riporta di seguito una mappa della massima intensità macrosismica (I_{max}) in Abruzzo elaborata a partire dai dati storici registrati nei Comuni; da essa emerge che il territorio comunale di Ancarano ha una I_{max} maggiore o uguale a 8.

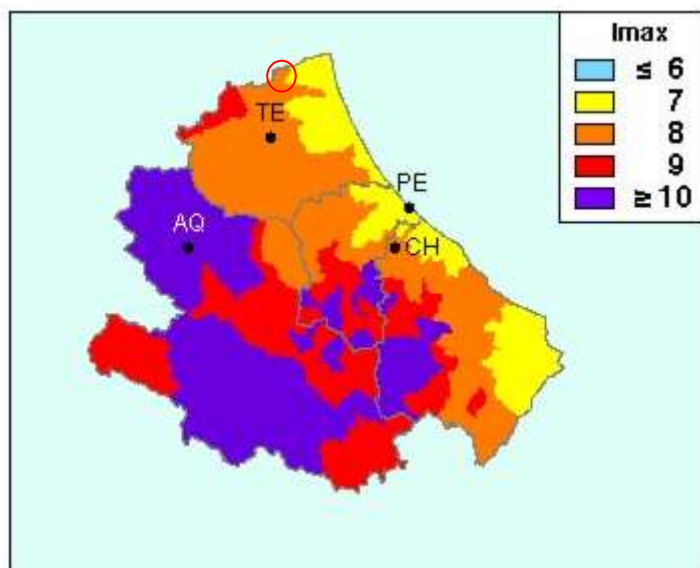


Figura 1: Mappa della massima intensità macrosismica (I_{max}) nell'Abruzzo. Il territorio di Ancarano presenta un'intensità macrosismica massima maggiore o uguale a 8 (tratta dal sito dell'INGV). ○ Ubicazione area

3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La geomorfologia dell'area esaminata è strettamente legata alla litologia dei terreni interessati: l'intervallo basale pelitico-siltoso presenta versanti poco acclivi con rotture di pendio dovute alla minore erodibilità dei corpi conglomeratici e/o sabbiosi. Verso l'alto l'aumentare del contenuto sabbioso genera versanti ripidi che tendono alla verticalità al passaggio con le sabbie e i conglomerati di tetto.

Altri importanti elementi geomorfologici sono i fenomeni franosi attivi e quiescenti, favoriti dalle litologie prevalentemente pelitiche e dalla percolazione delle acque superficiali. Nelle aree dove il contenuto argilloso è marcatamente più elevato, si manifestano dissesti di varia tipologia, in rapporto alla complessità litologica, all'assetto strutturale e alle diverse condizioni geomorfologiche, quali l'energia del rilievo e i processi di erosione alla base dei versanti.

I pendii, prevalentemente argillosi e a regipoggio, sede di erosione concentrata da parte delle acque meteoriche, evolvono talora in forme calanchive.

Il sito ricade su un'ampia pianura alluvionale di III° ordine alla destra idrografica del fiume Tronto ed è costituita da depositi sabbiosi, sabbiosi – limosi con lenti conglomeratiche ottenuti per disgregazione dei depositi carbonatici provenienti dal bacino di alimentazione rappresentato dalla catena dei Monti Sibillini e il Gran Sasso.

Tali materiali venivano via via depositati rimaneggiati e rimodellati dalle correnti del fiume Tronto e nel corso degli anni si è venuto a formare l'attuale materasso alluvionale.

I depositi alluvionali del fiume Tronto sono costituiti da depositi sabbiosi, sabbiosi – limosi alternati a depositi più grossolani rappresentati da lenti e/o livelli ghiaiosi poggiante sul substrato rappresentato dalle argille plio – pleistoceniche.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'area in esame è rappresentata dai depositi plio – pleistocenici che sono stati condizionati, a partire dalla fine del Pliocene inferiore fino alla parte medio-alta del Pleistocene medio, da una notevole attività tettonica sinsedimentaria legata all'attività di thrusts appenninici più esterni e alla riattivazione di importanti sistemi di dislocazioni trasversali, impostati in corrispondenza di preesistenti allineamenti tettonici che produceva uno spostamento verso ovest (backward shifting) del depocentro della depressione esterna. Sulla base di discontinuità stratigrafiche, è stata suddivisa in quattro sequenze deposizionali che, in ordine di tempo, dal basso verso l'alto, si distinguono in: sequenza P1, sequenza P2, sequenza Qm e sequenza di tetto distinta a sua volta in sequenza Qm1 e sequenza Qc.

Nel territorio Abruzzese e nelle Marche meridionali, mancano i termini più antichi della successione e le sequenze deposizionali riconosciute sono soltanto tre: la sequenza P2, la sequenza Qm e la sequenza di tetto Qm1 e Qc.

La sequenza P2 presenta alla base sempre dei depositi sabbiosi, anche se con uno spessore minore, di ambiente litorale, superiormente presenta depositi argillosi di piattaforma, in cui sono intercalati, a differenza del settore precedente, a varie altezze stratigrafiche depositi sabbiosi o argilloso sabbiosi, riferibili alla messa in posto di materiale da parte di onde da tempesta (tempestiti), e depositi conglomeratici, di ambiente deltizio e talora rimaneggiati dal moto ondoso.

La sequenza Qm inizia nella parte sommitale del Pliocene superiore e mantiene, inizialmente, le stesse caratteristiche della sequenza P2, prevalgono le peliti in cui si

intercalano corpi sabbiosi di tempesta o materiali di riempimento di canali distributori deltizi anche se con spessori nettamente minori. Questa situazione è da mettere in relazione con l'attenuarsi della fase tettonica precedentemente descritta.

All'interno di tale sequenza, come ricordato, sono stati distinti tre cicli del IV° ordine : Qma, Qmb e Qmc.

Il ciclo Qma è costituito da peliti in cui sono intercalati singoli corpi clastici grossolani di spessore limitato. Questo ciclo che interessa il Santerniano, è marcato al letto da una superficie di discontinuità, ben evidenziata soprattutto nei settori più rialzati (settore teramano).

Il ciclo Qmb si estende fino all'Emiliano ed è marcato al tetto da una discontinuità correlabile, secondo alcuni Autori, con la regressione emiliana .

Sequenza di tetto (Qmc, Qc1, Qc2)

Questa è una sequenza composita nella quale è possibile individuare almeno tre cicli. Essa inizia con la deposizione del ciclo Qmc del Siciliano, che avviene con netta discordanza sulla sottostante sequenza Qm. Detto ciclo rappresenta la chiusura della deposizione marina ed è costituito da un corpo tabulare formato da sabbie più o meno cementate contenenti strutture che caratterizzano un ambiente di spiaggia sottomarina e che sono rappresentati dapprima da depositi di shoreface e successivamente di foreshore.

5 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI DELL'AREA

Una formazione idrogeologica è una formazione litostratigrafia, avente funzioni globali nei confronti dello stoccaggio e del deflusso idrico sotterraneo.

Si considerano tre ordini di grandezza:

- una formazione idrogeologica che identifica un acquifero, un tetto o un substrato o un semi-permeabile.
- la combinazione di formazione idrogeologiche permeabili e semi-permeabili che identificano un acquifero multifalda.
- la combinazione di numerose formazioni idrogeologiche che costituiscono una struttura idrogeologica.

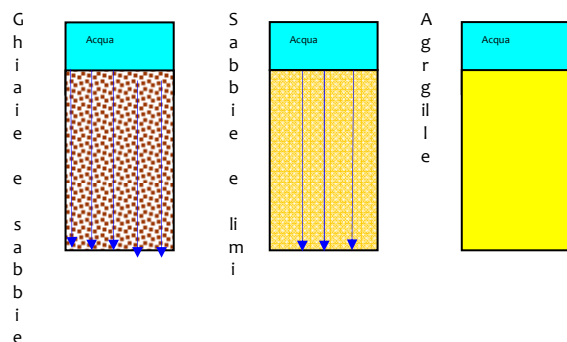
La caratteristica essenziale di una formazione idrogeologica è il suo grado di permeabilità.

La permeabilità è l'attitudine di un serbatoio a condurre il deflusso idrico in condizioni idrodinamiche imposte e permette una classificazione in tre grandi categorie: permeabili, impermeabili e semipermeabili.

Secondo la legge di Hallen-Hazen la permeabilità viene valutata in base alla granulometria, ed è direttamente proporzionale al quadrato del diametro efficace:

$$K = C \times D^2$$

Nella seguente tabella vengono distinte le tre categorie in base alla loro attitudine a condurre il deflusso d'acqua:



Formazione idrogeologica		
Permeabile	Semipermeabile	Impermeabile

Nell'area interessata allo studio affiora una successione sedimentaria che si può dividere in quattro classi di permeabilità:

- 1) Depositi a permeabilità alta
- 2) Depositi a permeabilità media
- 3) Depositi a permeabilità bassa
- 4) Depositi a permeabilità variabile

Depositi a permeabilità alta

Questa classe di permeabilità è caratterizzata da sabbie medie grossolane a tratti intercalate a livelli ghiaiosi.

Depositi a permeabilità media

Questa classe di permeabilità è rappresentata da sabbie, sabbie medio-fini e limi e la permeabilità è strettamente legata alla quantità di limo presente.

Depositi a permeabilità bassa

Questa associazione è costituita da argille che presentano una bassa velocità di infiltrazione oltre che per le ridotte dimensioni granulari, anche e soprattutto per la particolare struttura cristallina dei minerali argillosi.

Depositi a permeabilità variabile

Sono costituiti da associazioni sabbiose, lenti di ghiaia, intervalli limosi e/o argillosi che danno a quest'unità un comportamento idrogeologico più mutevole, dovuto all'estrema variabilità litologica, anche nell'ambito di qualche metro.

L'area in esame, a causa della presenza di sabbie, sabbie medio fini, la possiamo ricondurre a depositi con permeabilità media.

6 CENNI STRUTTURALI

L'area rilevata è caratterizzata prevalentemente da una struttura monoclinica con debole immersione (circa 15°) verso E-NE. La successione pleistocenica che vi compare è interessata da strutture di taglio rappresentate da una serie di faglie dirette ad andamento appenninico ed anti-appenninico ribassanti i blocchi orientali, generatesi probabilmente durante la fase tettonica distensiva, iniziata nel Pleistocene inferiore e rimasta attiva per tutto il Pleistocene.

Alcune delle lineazioni tettoniche ipotizzate lungo i fossi principali, sono state desunte da considerazioni morfologiche e stratimetriche.

7 PERICOLOSITA' NATURALI

Per l'individuazione delle pericolosità, vincoli e rischi presenti nell'area in esame, si è esaminata la seguente cartografia:



Carta del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto Tav. 10/15.

dalla consultazione della carta risulta che l'area oggetto di trasformazione ricade all'interno dell'area a rischio esondazione E3, area a rischio elevato.

8 SISMICITA'

PERICOLOSITA' SISMICA

La sismicità storica del Comune di Acarano (fig. 2) è stata ricavata dal database DBMI15 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>; <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>), associato al catalogo CPTI15.

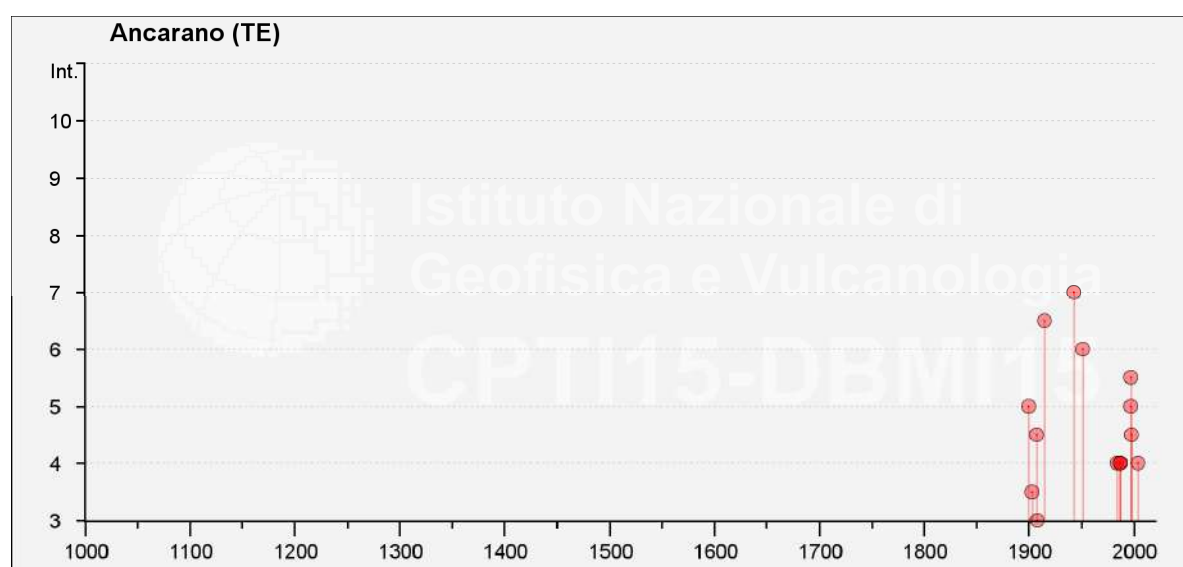


Figura 2: Storia sismica del Comune di Acarano (TE), dal database macrosismico italiano il database macrosismico di riferimento (DBMI15; Locati et al., 2016). Nella colonna Is viene riportata l'intensità al sito in scala Mercalli, mentre con la sigla Ix viene indicata l'intensità massima in scala Mercalli dell'area epicentrale e con Mw viene indicata la magnitudo dell'evento.

I dati macrosismici a supporto di CPTI15 costituiscono il Database Macrosismico Italiano versione 2015 (DBMI15, Locati et al., 2016), che contiene 122701 dati di intensità per 3212 terremoti. I dati derivano da 185 tra studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2016.

Nella successiva figura 3 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

PlaceID IT_56444
Coordinate (lat, lon) 42.837, 13.742
Comune (ISTAT 2015) Ancarano
Provincia Teramo
Regione Abruzzo
Numero di eventi riportati 25

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
2	📄	1898	06	27	23	38	Reatino	186	8	5.50
5	📄	1900	08	10	04	28	1 Teramano	15	5	4.28
3-4	📄	1903	11	02	21	52	Valnerina	33	6	4.81
NF	📄	1906	07	01	00	50	Reatino	41	5	4.29
4-5	📄	1907	01	23	00	25	Adriatico centrale	93	5	4.75
3	📄	1908	03	17	03	59	Marche meridionali	54	5-6	4.61
6-7	📄	1915	01	13	06	52	4 Marsica	1041	11	7.08
2	📄	1915	01	13	20	19	Marsica	4		4.74
2	📄	1915	01	14	01	50	Marsica	9		4.64
2-3	📄	1915	01	14	07	17	Marsica	12	5-6	4.88
7	📄	1943	10	03	08	28	2 Ascolano	170	8	5.67
D	📄	1950	09	05	04	08	Gran Sasso	386	8	5.69
6	📄	1951	09	01			Monti Sibillini	80	7	5.25
4	📄	1984	05	07	17	50	Monti della Meta	912	8	5.86
4	📄	1987	07	03	10	21	5 Costa Marchigiana	359	7	5.06
4	📄	1987	09	04	16	42	4 Costa Marchigiana	75	6	4.66
4	📄	1987	09	10	13	24	2 Costa Marchigiana	21		4.38
NF	📄	1995	12	30	15	22	0 Fermano	106	5	4.19
NF	📄	1996	01	01	12	21	4 Maceratese	91	5-6	4.20
5	📄	1997	09	26	00	33	1 Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	📄	1997	09	26	09	40	2 Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	📄	1998	04	05	15	52	2 Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4	📄	2004	12	09	02	44	2 Teramano	213	5	4.09
NF	📄	2005	12	15	13	28	3 Val Nerina	350	5	4.14
NF	📄	2006	04	10	19	03	3 Maceratese	211	5	4.06

Figura 3: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nei comuni limitrofi a Ancarano.

La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90 % di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni

Il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA (cfr. Tabella 1).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 1: Valori di PGA

In particolare, il parametro di pericolosità utilizzato è l'accelerazione orizzontale massima al suolo $a(g)$, ossia quella relativa al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%.

In fig 4 la Mappa Interattiva di Pericolosità Sismica del territorio comunale di Ancarani redatta dall'I.N.G.V..

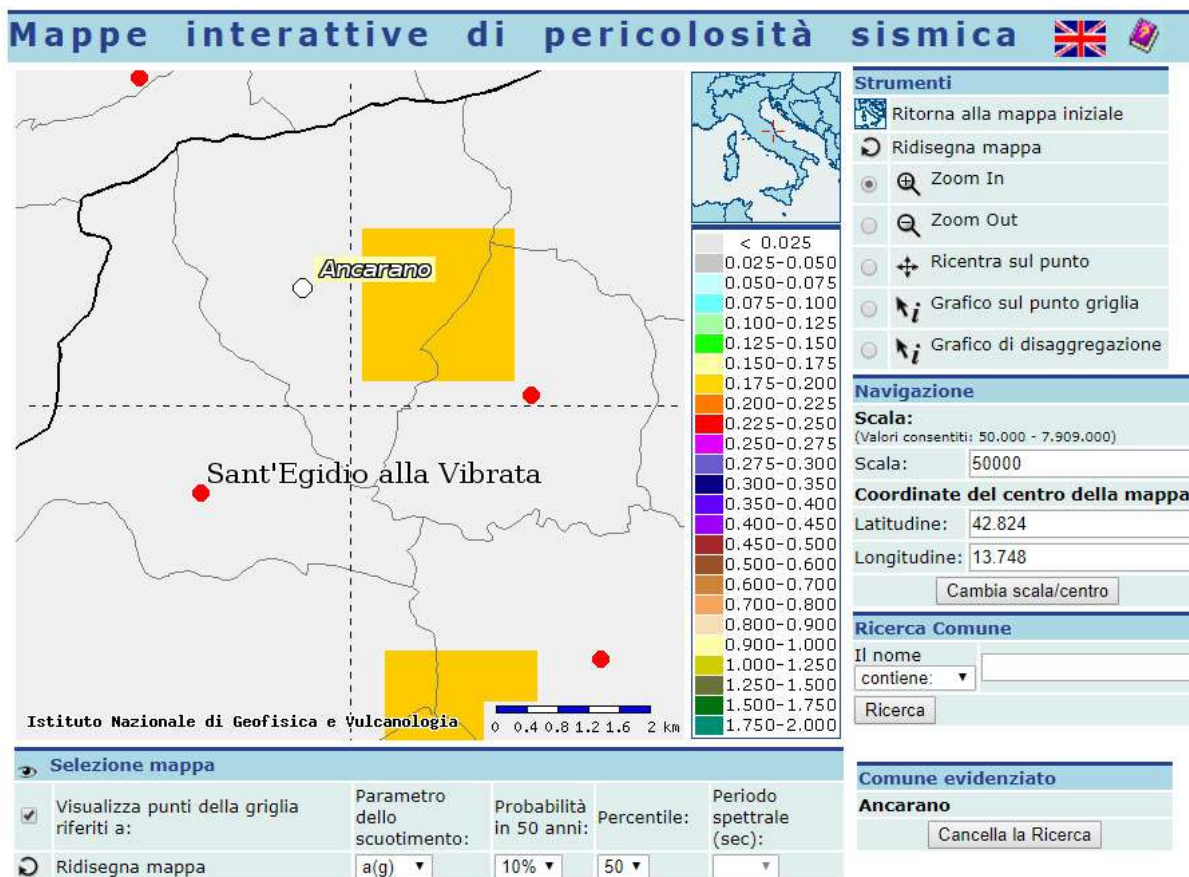
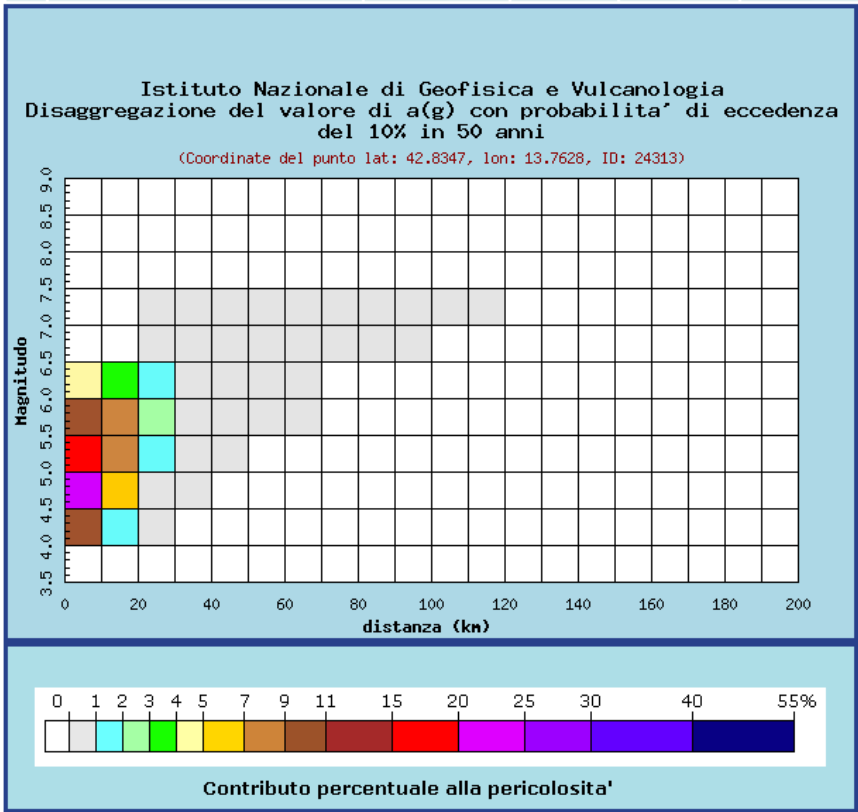


Figura 4: Mappa dello scuotimento $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo relativa al Comune di Ancarani (TE), come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Il territorio comunale di Ancarani avendo un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,175 e 0,200 ricade in seconda categoria.

Dalla mappa dello scuotimento $a(g)$ è possibile ottenere la disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) che è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M (fig. 6). Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M -R fornisce il

terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M_s a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.8347, lon: 13.7628, ID: 24313)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	10.200	22.100	15.700	9.510	4.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.550	5.810	7.460	7.370	3.840	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.013	0.484	1.670	2.670	1.680	0.066	0.045	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.002	0.143	0.715	0.928	0.686	0.522	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.113	0.384	0.518	0.469	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.103	0.286	0.313	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.116	0.168	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.091	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.029	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
5.270	10.800	0.863									

Figura 5: Disaggregazione del valore di a_g (Spallarossa D., Barani S., 2007) per differenti valori del tempo di ritorno di 50 anni (<http://esse1.mi.ingv.it/>).

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito in esame, il comune di Spinetoli appartiene alla zona ZS 918 (fig.6) Zonazione Sismogenetica ZS9, Meletti e Valensise, 2004).

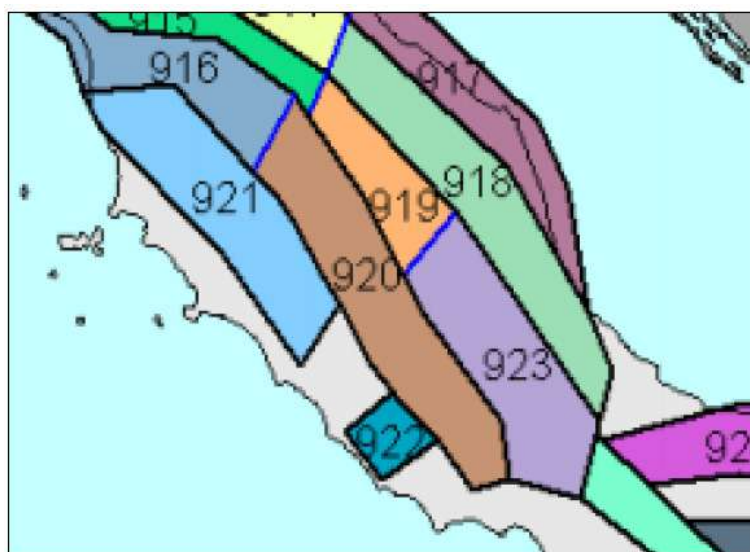


Figura 6: Zonazione sismogenetica ZS9, da Meletti e Valensise, 2004,

<http://zonasismiche.mi.infn.it/>

Le zone sismogenetiche sono porzioni della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti. Strutture sismogenetiche sono le strutture geologiche attive a livello regionale da cui si originano i sismi più violenti. La maggior parte dei terremoti avviene nella crosta terrestre. La strumentazione sismologica e i metodi di analisi dei dati, sempre più avanzati, consentono di localizzare con precisione gli ipocentri dei terremoti e di osservare che essi, fatta eccezione per le zone di subduzione, raramente sono più profondi di 15-20 km. Questa distribuzione degli ipocentri, osservata per grandi e piccoli terremoti e per la microsismicità (terremoti con magnitudo inferiore a 2,5), permette di identificare uno strato sismogenetico definibile come una zona preferenziale, entro la litosfera, per la nucleazione di terremoti.

Il livello inferiore di questo strato è definito dalla profondità massima dei terremoti che vi si verificano e corrisponde, dal punto di vista reologico, alla transizione tra un regime deformativo fragile, in cui la roccia si rompe quando è soggetta a sforzi superiori alla sua resistenza, e un regime duttile, in cui il rilascio di deformazione è pressoché continuo e asismico. Per la maggior parte dei materiali che si ritiene costituiscano una porzione significativa della crosta terrestre, considerando profili realistici di temperatura, la resistenza aumenta fino a una profondità di circa 15 km, per poi decrescere rapidamente. Lo spessore dello strato sismogenetico ha

importanti conseguenze sulla dimensione dei terremoti poiché corrisponde alla larghezza massima della faglia che si rende disponibile per la rottura; infatti, mentre la lunghezza di una faglia può superare i 1000 km, la sua larghezza ha un limite massimo dato dallo spessore litosferico che ha caratteristiche reologiche tali da rompersi in maniera fragile. I terremoti che rompono l'intera zona sismogenetica, vengono classificati come grandi; quelli che rompono una parte della zona s. come piccoli.

La zona sismogenetica a cui appartiene il territorio comunale di Ancarani corrisponde alla Zs19 che, insieme alla 913 e 914, risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord – occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud – orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le distanze ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna; lo testimoniano anche gli eventi che hanno avuto risentimenti su aree piuttosto vaste e., eventi del 1799 di Camerino, del 1873 delle Marche meridionali e del 1950 del Gran Sasso, zona 918).

A questa zona sismogenetica (918) sono da riferire alcune sorgenti silenti (es. Monti della Laga, Campo Imperatore).

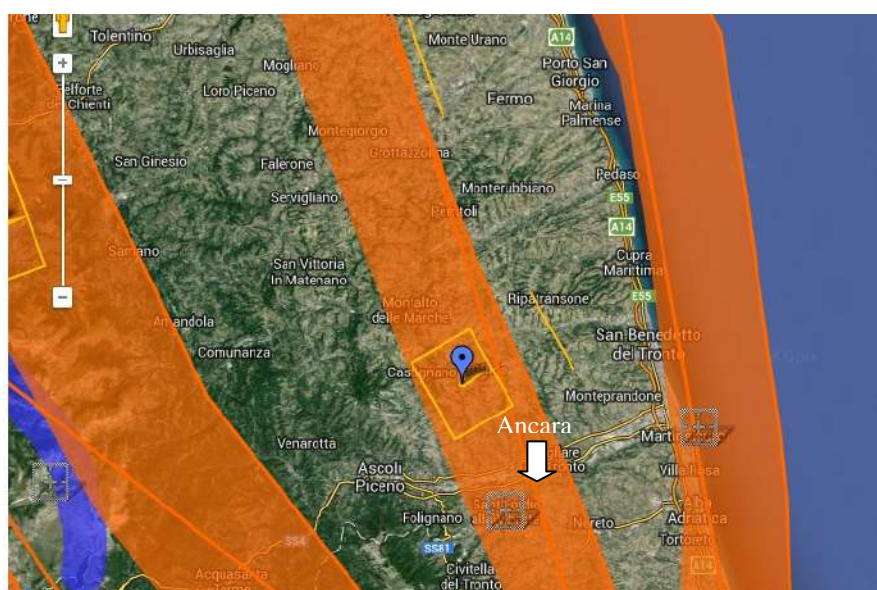


Figura 7: Carta delle sorgenti sismogenetiche censite con il progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

ACCELERAZIONE CONVENZIONALE MASSIMA DI BASE

Secondo quanto predisposto dal nuovo D.M. 14.01.2008, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza Pv_R come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R come definito nel § 2.4.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pv_R , 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.

In allegato alla normativa sono forniti i valori dei suddetti parametri, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, per tutto il territorio nazionale, che è stato all'occasione suddiviso dall'I.N.G.V. in molteplici maglie rettangolari.

STATI LIMITE

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

VITA DI RIFERIMENTO

Sulla base delle Tabelle 2.4.I (vita nominale V_N per diversi tipi di opere) e 2.4.II (valori del coefficiente in funzione delle classi d'uso C_U), si è calcolato il periodo di riferimento (V_R) della costruzione in esame, secondo la seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Il territorio comunale di Ancarani è stato inserito tra le località dichiarate sismiche di II categoria $S=9$.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove **“Norme Tecniche 2018”** il profilo stratigrafico dei terreni permette di classificare le zone oggetto di indagine come appartenenti a differenti categorie sismiche.

Si distinguono le seguenti Categorie:

- **Categoria A:** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri;
- **Categoria 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.
- **Categoria 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.
- **Categoria 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.
- **Categoria 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 categoria di suolo è stata individuata mediante una indagine sismica tipo MASW in base alla quale è stato individuata una velocità delle **V_s eq 30 = 331,42 m/s** a cui corrisponde un terreno tipo **C**.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto concerne le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici la normativa mette a disposizione la classificazione della Tabella 3.2.IV.

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

Per il sito d'indagine, sulla base della sua collocazione morfologica, risulta la categoria topografica **T1**.

9 INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'acquisizione dei dati necessari per la caratterizzazione geologica del sito in esame è stata rappresentata da due distinte fasi.

La prima fase consiste nell'accertamento della fattibilità dell'intervento da realizzare e devono essere raccolte informazioni atte a definire da un punto di vista per quanto possibile quantitativo:

1. Le caratteristiche topografiche e geomorfologiche della zona;
2. Regime e caratteristiche delle acque superficiali e sotterranee;
3. Caratteristiche e comportamento di manufatti esistenti nei dintorni.

Il punto 1 è stato soddisfatto mediante la lettura della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 Foglio 133-134 "Ascoli Piceno – Giulianova", della carta Geologica della regione Abruzzo redatta da Vezzani e Ghisetti, della cartografia PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Tronto e rilevamento geologico e geomorfologico dell'area in esame e delle zone circostanti.

La seconda fase, che consiste nell'indagine diretta del sottosuolo per la definizione del profilo stratigrafico e per la profondità e il regime delle acque sotterranee, è stata effettuata mediante l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica super pesante nell'area in esame e una misura sismica tipo MASW le cui ubicazioni ed i report sono riportati negli allegati.

In relazione alla natura ed entità degli interventi da realizzare, ed in considerazione delle caratteristiche dei terreni costituenti l'area in esame, si è ritenuto che le osservazioni compiute abbiano permesso l'esauriente caratterizzazione del sottosuolo.

9.1 CARATTERISTICHE MECCANICHE E LITOSTRATIGRAFIA

Al fine di determinare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni presenti nell'area di interesse è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica superpesante utilizzando un penetrometro dinamico della GeoDeep Drill modello *DPSH63-73*.

Prove Penetrometriche Dinamiche Continue.

La prova penetrometrica dinamica è stata eseguita con penetrometro dinamico della GeoDeep Drill modello *DPSH63-73* con massa battente di 63,50 Kg e corsa di

75,00 cm, aste di un metro del peso di 6,3 Kg/m, punta conica diametro 50,46 mm e apertura di 90°.

I dati relativi alle prove sono riportati nelle allegate tabelle e nei diagrammi che indicano il numero di colpi N necessario a produrre l' affondamento del cono per tratte successive di 20 cm. e si interpretano utilizzando la vasta letteratura sull' S.P.T. (Standard Penetration Test) essendo verificata la seguente relazione sperimentale:

$$N_{SPT(30\text{ cm})} = bt \times N_{DL030(10\text{ cm})}$$

dove $bt = 0.766$.

Sulla base del numero di colpi N_{DL030} correlato con i valori dell' S.P.T. secondo le tabelle riportate in allegato il sottosuolo dell' area indagata può essere suddiviso in vari livelli di diversa consistenza.

L' elaborazione dei dati di avanzamento delle prove penetrometriche consente di ricavare la "Resistenza dinamica" (R_d), parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente o della consistenza di un terreno coesivo.

La "Resistenza Dinamica" è ricavata dalla "Formola degli Olandesi", modificata per l' introduzione di un coefficiente caratteristico del penetrometro DM30 e TG – 63 100.

$$R_d = M^2 \times h / A \times e \times (M + nP)$$

Dove:

M = peso del maglio ;

h = altezza di caduta costante;

A = sezione della punta conica;

e = con **N** corrispondente in numero dei colpi per ogni approfondimento di 10 o 20 cm = $10/N - 20/N$;

P = peso delle aste Kg/m;

n = numero aste infisse.

Nella tabella a seguire vengono esposti i valori nominali dei terreni ottenuti dall'elaborazione della prova DPSH 1:

Prova DPSH 1:

Strato	Prof. (m)	Nspt	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
[1] - riporto	0.8	14.00	1.85	1.94	29.49	--	56.22	145.00	0.33	776.74
[2] - sabbia argillosa	3.0	2.14	1.41	1.87	20.67	--	31.86	---	0.35	132.89
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	6.8	3.64	1.48	1.88	22.39	--	34.94	---	0.35	218.95
[4] - argilla	7.8	34.20	2.26	2.50	--	1.71	156.91	342.00	--	--

9.2 CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA

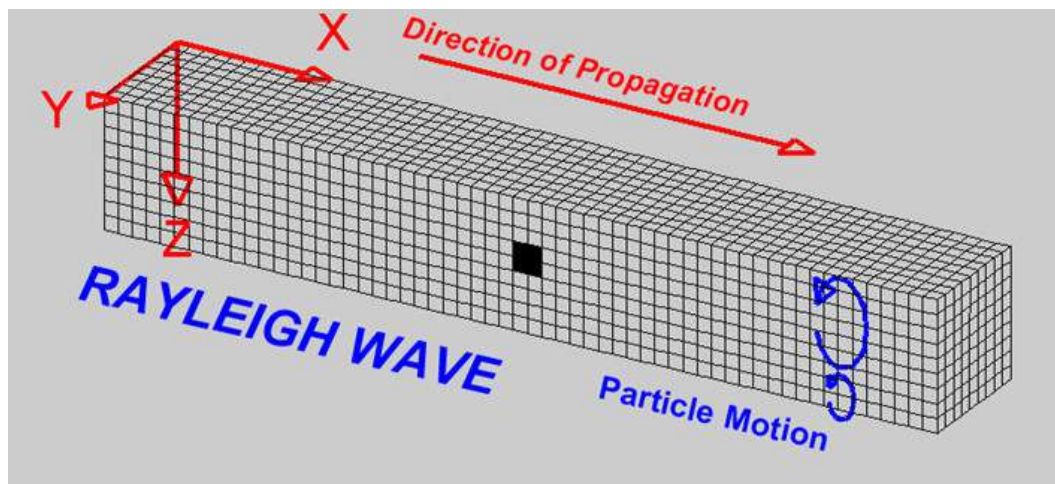
9.2.1 Introduzione: prova Sismica Multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine geofisica che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali (Vs), basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde di compressione, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, che è la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (cioè le indagini a riflessione o rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane del modo fondamentale e superiore delle onde di Rayleigh è diventata una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà

dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale.



Il processo comprende tre step principali:

- l'acquisizione delle onde superficiali, registrazione e analisi dei dati sismici;
- la costruzione di una curva di dispersione del modello reale del terreno funzione delle caratteristiche dello stesso (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione ovvero reiterazioni successive per la definizione di un modello finale le cui caratteristiche (densità e velocità di propagazione delle onde s) meglio approssimano quelle reali.

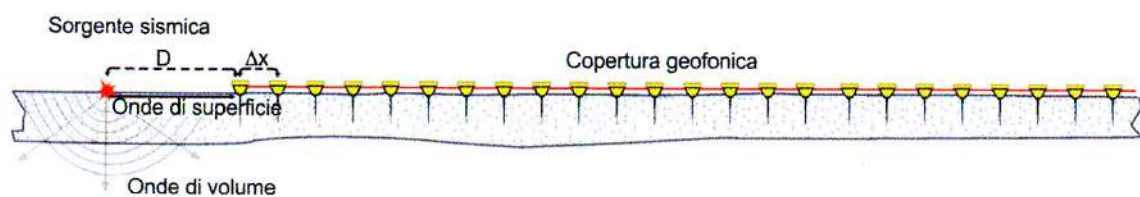
Per ottenere un profilo V_s bisogna, quindi, produrre un treno d'onde superficiali a banda larga (sismica attiva) e registrarlo minimizzando il rumore di fondo presente nel sito di registrazione. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Per ottenere il profilo verticale delle V_s dalla curva di dispersione sono necessari dei valori approssimati del Coefficiente di Poisson e della densità del materiale, solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, è indipendente dalla frequenza ed il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. La profondità raggiunta dalla perturbazione dipende dunque dalla lunghezza d'onda e, in mezzi omogenei, a diverse lunghezze d'onda corrisponde un'unica velocità di fase (V_R). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il

comportamento delle onde superficiali diventa dispersivo: a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase. Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma diverse velocità di fase in corrispondenza delle diverse frequenze: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente che viene posizionata esternamente allo stendimento ad una distanza variabile, (D) di 2, 3 e 4 volte la distanza intergeofonica, (Dx), dal primo geofono, e sempre in asse con esso.



Dispositivo geometrico utilizzato per la prova MASW.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine di sismica a rifrazione con l'unica eccezione di adoperare tempi di acquisizione significativamente più lunghi e geofoni a bassa frequenza generalmente 4.5 Hz o inferiori

9.2.2 Strumentazione e elaborazione indagine

Caratteristiche tecniche generali dello strumento Sismografo DoReMi:

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto

Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)

Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato

Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)

Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)

Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale

Banda passante: 2Hz - 200Hz

Reiezione modo comune: >80dB

Diافonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale

Risoluzione: 7.6 μ V @ 27dB; 0.076 μ V @ 60dB

Dinamica di base: 96dB (16 bit) S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc

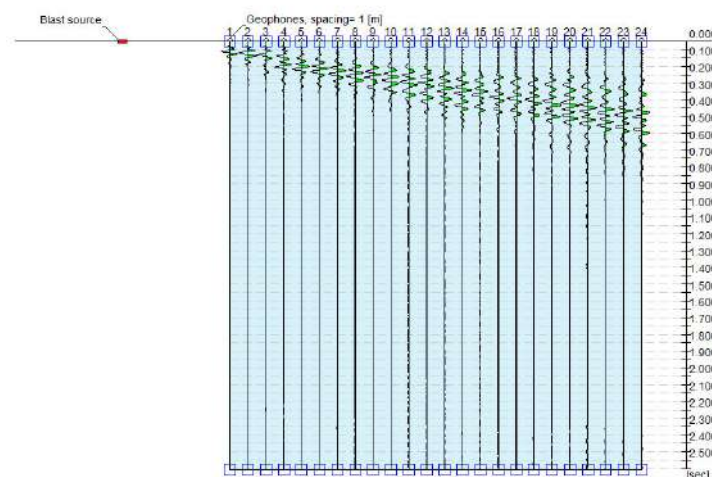
Consumo di energia: Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA

In particolare nel sito in esame è stata eseguita una Prova Sismica Multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) la cui ubicazione è stata riportata in planimetria.

L'elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata utilizzando il software EASY MASW di GEOSTRU, che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale, individuare le curve di dispersione delle onde di superficie ed effettuare le procedure di inversione per l'interpretazione in termini di modello sismostratigrafico di Vs. Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati. Tale modello sarà, evidentemente, caratterizzato dal minor errore della deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate.

Importazione dei Dati di Input

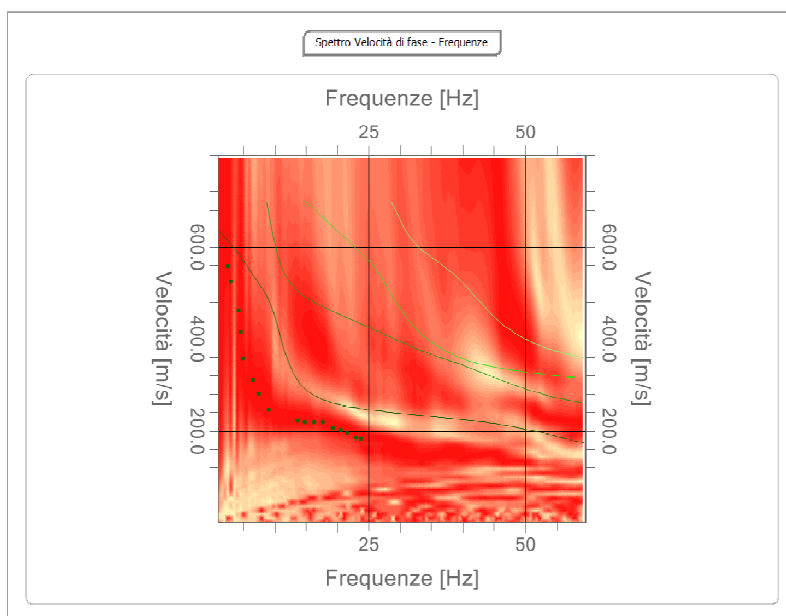
I dati possono essere importati da file in formato standard SEG2, SEG Y e SU oltre che da file di testo. Dopo l'importazione dei dati sarà effettuato il disegno della disposizione geometrica di: sorgenti e ricevitori. Il disegno è un elaborato completo nel quale sono riportate le quote delle posizioni dei geofoni e le scale di profondità. Oltre alla posizione geometrica vengono visualizzati i sismogrammi di campagna. In questa fase l'utente può fare delle operazioni sui segnali decidendo di escludere parte dei sismogrammi, spostare o sommare array virtuali.



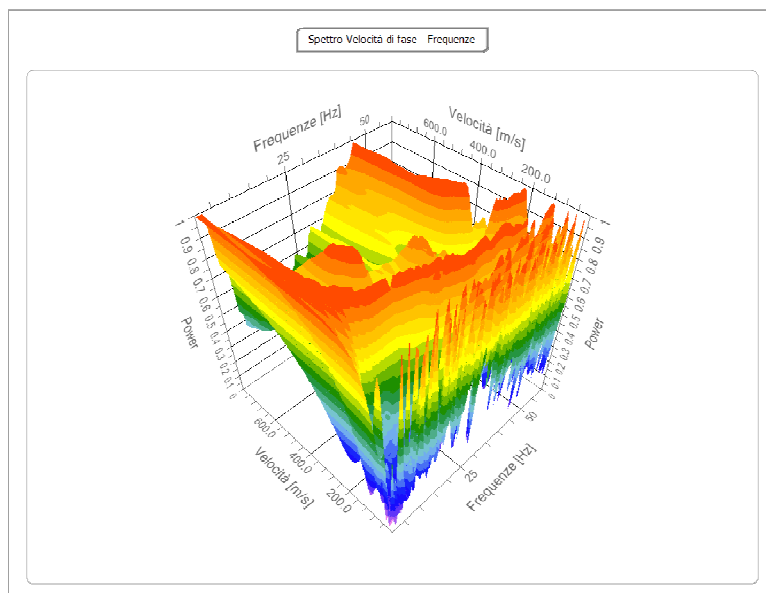
Esempio di tracce ottenute da un'indagine MASW con 24 geofoni ad interdistanza di 1 m

Analisi del segnale

L'analisi delle onde di Rayleigh con tecnica MASW viene eseguita tramite l'indagine spettrale del segnale, eseguendo una doppia trasformata di Fourier, nel dominio del tempo e nello spazio. Il dominio trasformato (f-k) viene rappresentato sia in 2D che 3D e consente di evidenziare il segnale prodotto dalle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnale.



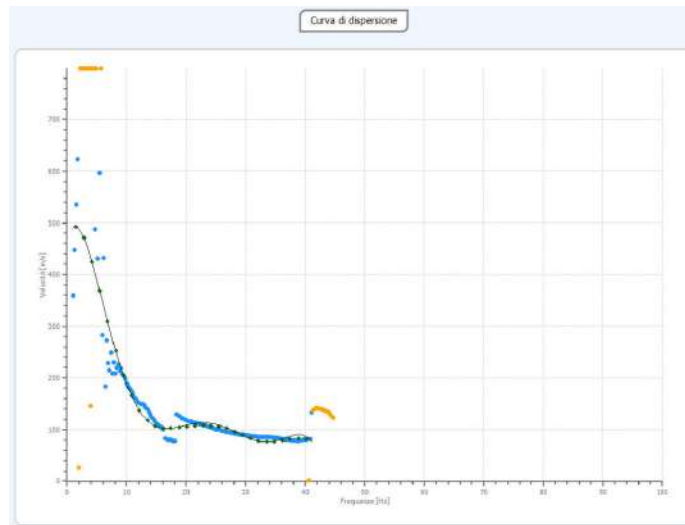
Esempio di Spettro frequenze-velocità dei dati acquisiti



Esempio di Visualizzazione 3D – Phase velocity frequency spectrum

Nel dominio trasformato, infatti, è bene individuabile la dipendenza della velocità delle onde dalla frequenza e la curva di dispersione è facilmente tracciabile considerando, per ciascuna frequenza, l'ampiezza massima dello spettro. La curva di

dispersione sperimentale viene estratta automaticamente dal programma e l'utente può decidere di approssimarla ad una funzione polinomiale che è adattabile escludendo i punti poco significativi.



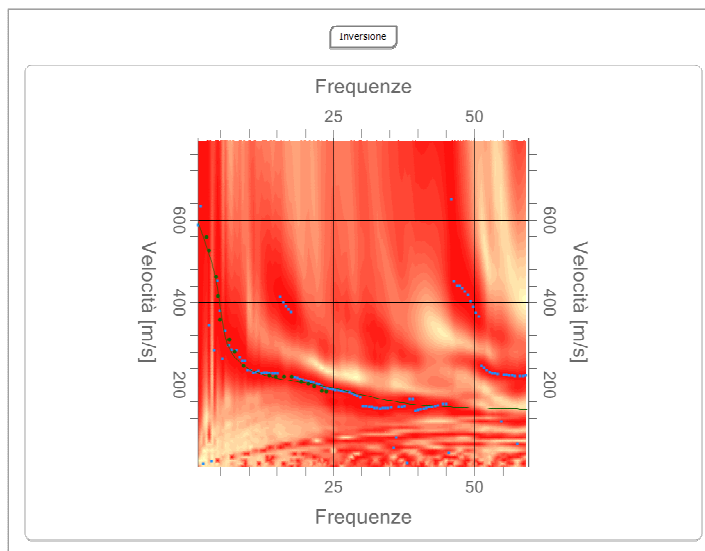
Esempio Curva di dispersione su modello sintetico del terreno

Curva di inversione teorica

Assegnato un modello geotecnico iniziale caratterizzato da alcuni valori quali numero e spessore degli strati, peso per unità di volume, coefficiente di Poisson, ecc., viene ricavata la curva di inversione teorica e confrontata con la sperimentale. Il procedimento di variabilità dei parametri del modello continua fino ad ottenere la migliore sovrapposizione della curva teorica con la curva di inversione sperimentale, nei range stabiliti durante la fase di Picking.

Quando l'errore tra la curva effettiva e quella sperimentale risulta essere minore del 10%, il profilo di velocità ottenuto può essere considerato valido e utilizzabile per il successivo calcolo della velocità equivalente V_{seq} .

Il procedimento di matching è stato condotto con metodi numerici statistici avanzati. Una serie di funzionalità aggiuntive consentono di avere il controllo diretto del delicato processo di inversione: è possibile stabilire il range di variabilità delle velocità per ogni strato, imporre delle velocità note sul singolo strato, assegnare condizioni particolari come considerare profili di velocità crescenti con la profondità, ecc.



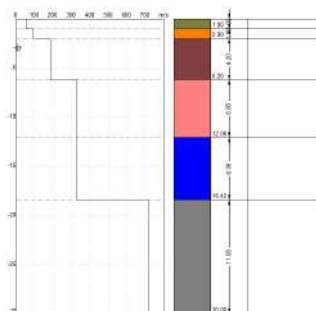
Esempio Spettro frequenze – velocità dopo l'inversione

Visualizzazione dei MODI

Per ogni elaborazione e' possibile visualizzare oltre al modo fondamentale, sul quale si basa il processo di matching delle curve, anche i modi superiori.

Parametri geotecnici

Easy Masw consente di determinare oltre al profilo delle velocità, la VS30, la Classe di sottosuolo e alcuni parametri geotecnici quali: Modulo di Young, Modulo di Taglio, Modulo Edometrico, Modulo di compressibilità, Resistenza alla punta del penetrometro statico, Nspt correlazione con penetrometro dinamico.



Esempio di modello stratigrafico e profilo delle velocità

9.2.3 Definizione della Vseq e classificazione del suolo

A partire dal profilo verticale delle onde S e dalle relative velocità dei sismostrati del modello sismico monodimensionale, è possibile calcolare il valore della Vseq, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_s).

Per il calcolo della Vseq si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 17. 01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

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

Dove: H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s, h_i è lo spessore dell'i-esimo strato, $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato, ed N è il numero degli strati.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (la quota iniziale corrisponde al piano campagna attuale), di velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità:

$$\text{Masw } V_{s,eq} \text{ [m/sec]} \text{ (H=30.00 m)} = 331,42$$

Ai fini della definizione delle azioni sismiche, il profilo stratigrafico dei terreni indagati e le relative Vs eq. stimate permette di attribuire il sito alla Categoria di suolo "C":

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

I risultati della prova sono restituiti in sintesi nella tabella dati di seguito riportata, il processamento dei dati sismici raccolti ha permesso la definizione del modello sismo-stratigrafico del sito e la stima dei principali parametri sismici.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	193.53	384.20	1850.00	0.33	69.29	273.08	180.70	184.31	N/A	644.65
2	6.07	5.07	193.59	402.99	1410.00	0.35	52.84	228.98	158.53	142.67	100	645.64
3	11.63	5.56	217.28	452.30	1480.00	0.35	69.87	302.77	209.61	188.65	70	1153.24
4	20.56	8.93	500.04	904.61	2500.00	0.28	625.11	2045.80	1212.33	1600.27	N/A	N/A
5	∞	∞	600.51	1014.11	2450.00	0.23	883.51	2519.63	1341.62	2173.43	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

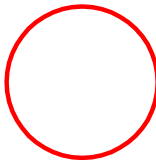
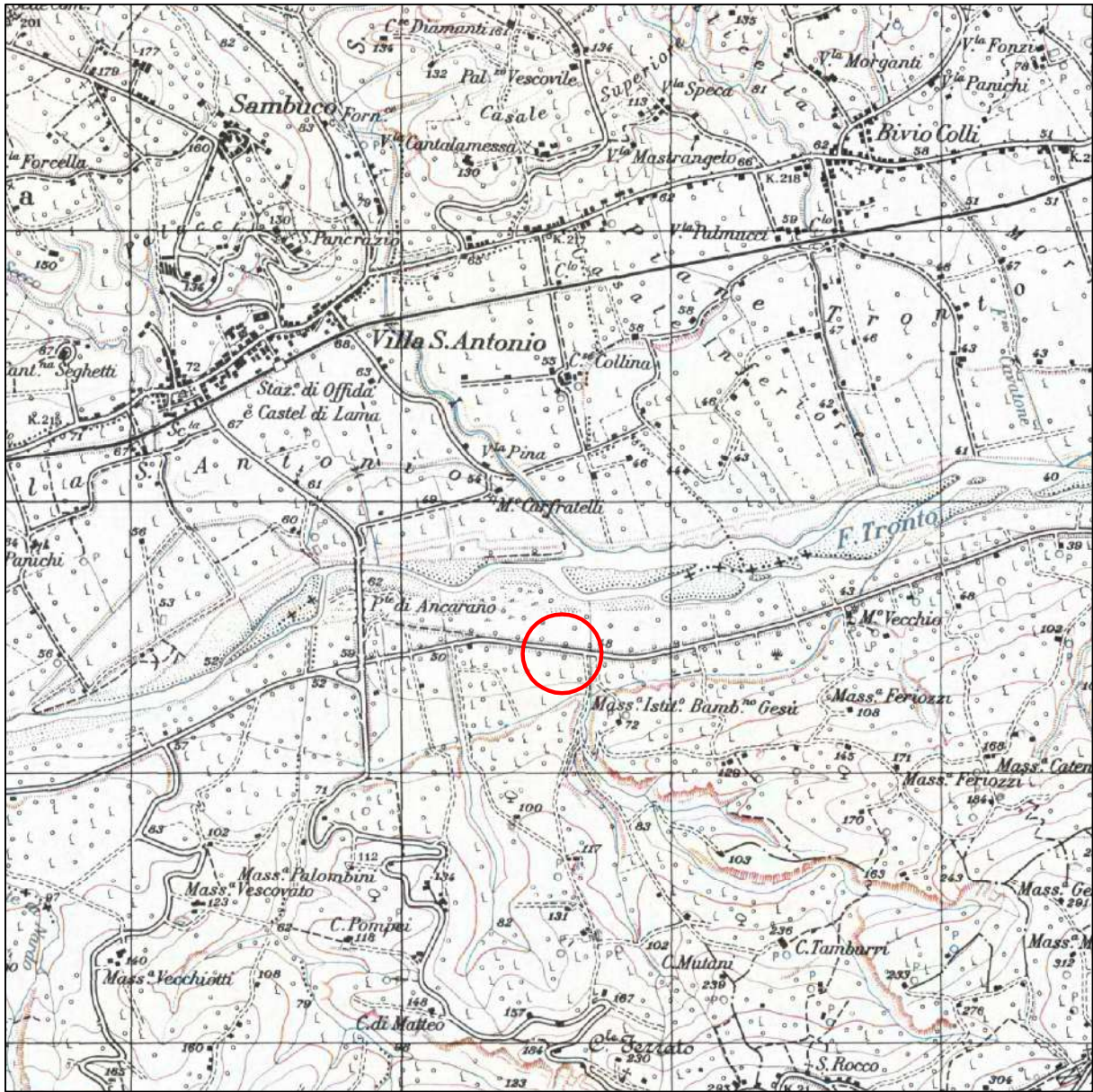
A conclusione dell'indagine svolta in un'area significativa, sulla base dei dati raccolti e precedentemente esposti, si può concludere che:

- ✚ La categoria di suolo è stata individuata mediante l'esecuzione di una indagine sismica MASW dalla quale è scaturita una velocità delle onde sismiche V_s eq. di 331,42 m/s a cui corrisponde un terreno di categoria **C**;
- ✚ Per il sito d'indagine, sulla base della sua collocazione morfologica, si ottiene un'inclinazione media minore di 15° a cui corrisponde una categoria topografica **T1**;
- ✚ la natura litologica è stata accertata mediante un rilievo geologico di superficie, e la consultazione della cartografia geologica esistente e la presenza di scavi.
- ✚ le caratteristiche fisiche -meccaniche dei terreni di fondazione sono state accertate mediante l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica eseguita nell'area in esame.

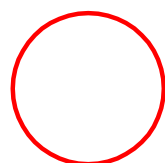
Per eventuali chiarimenti in sede esecutiva si rimane cortesemente a disposizione.



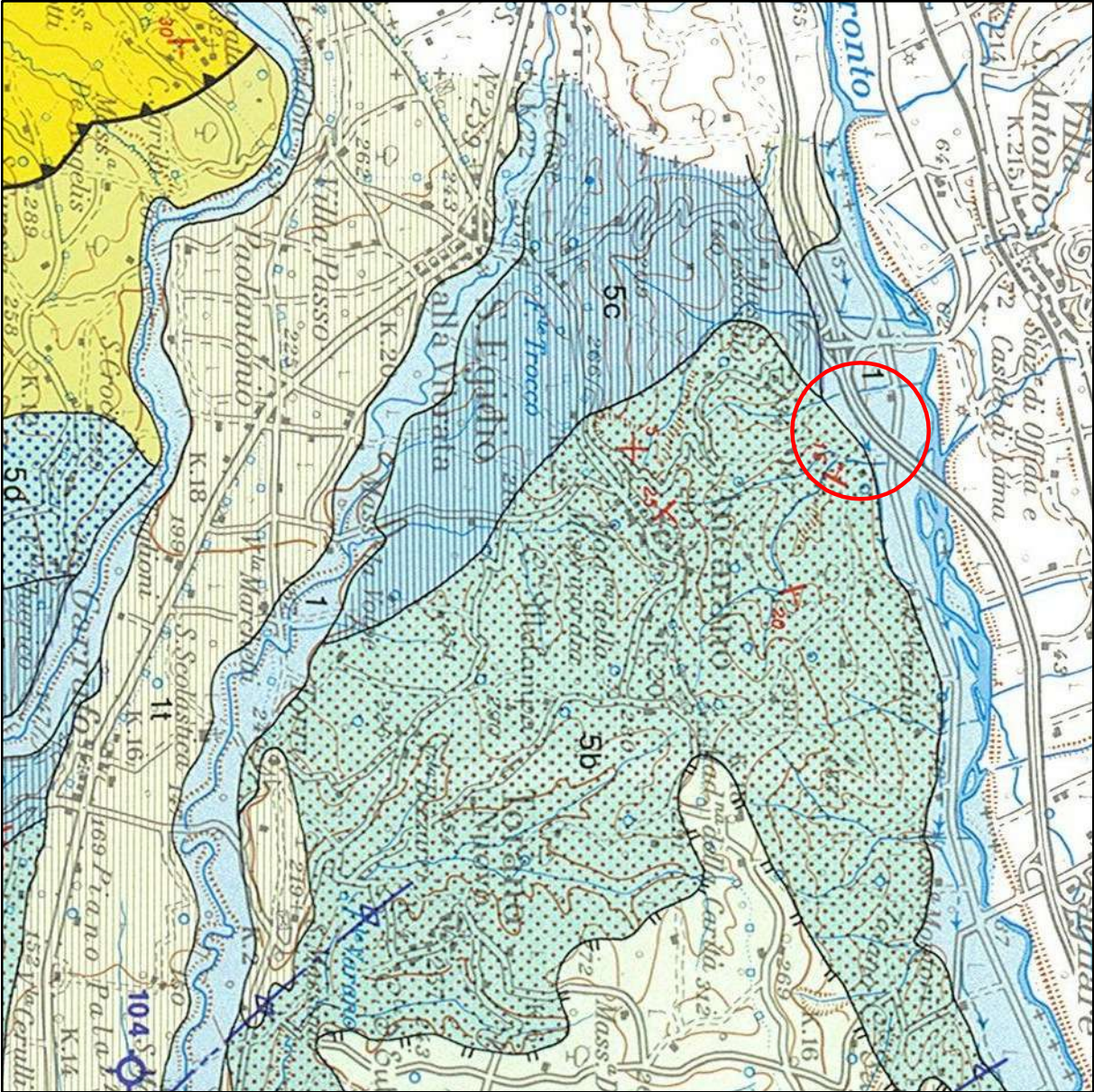
Pagliare del Tronto, 20 dicembre 2020



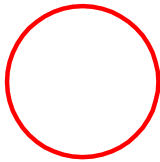
UBICAZIONE AREA



UBICAZIONE AREA



UBICAZIONE AREA



Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini (1). Depositi sabbiosi delle pianure costiere (s). Depositi alluvionali terrazzati (t). Detriti di falda e coperture detritico-colluviali; depositi residui, terre rosse (a). Sedimenti morenici (b). *Olocene* - *Pleistocene superiore*.

Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini; calcari concrezionati giallo-ocracei tra Torre e Goriano Valli; tuffi e depositi detritici con livelli piroclastici. *Pleistocene superiore p.p.* - *Pleistocene medio*. Sedimenti morenici (a). *Pleistocene medio*.

Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi. *Pleistocene medio p.p.* - *Pliocene?* Breccie calcaree stratificate e ben cementate, con matrice calcarea generalmente rosata (b). *Pleistocene inferiore*. Successione costituita da depositi lacustri argilloso-limosi e sabbiosi passanti verso l'alto a ghiaie e sabbie con lenti di breccie calcaree a tessitura caotica, contenenti blocchi di dimensioni fino a migliaia di metri cubi (a). *Pliocene*.

DISCONTINUITA' STRATIGRAFICA

1. DEPOSITI DELL'AVANFOSSA PLIOGENICA E QUATERNARIA

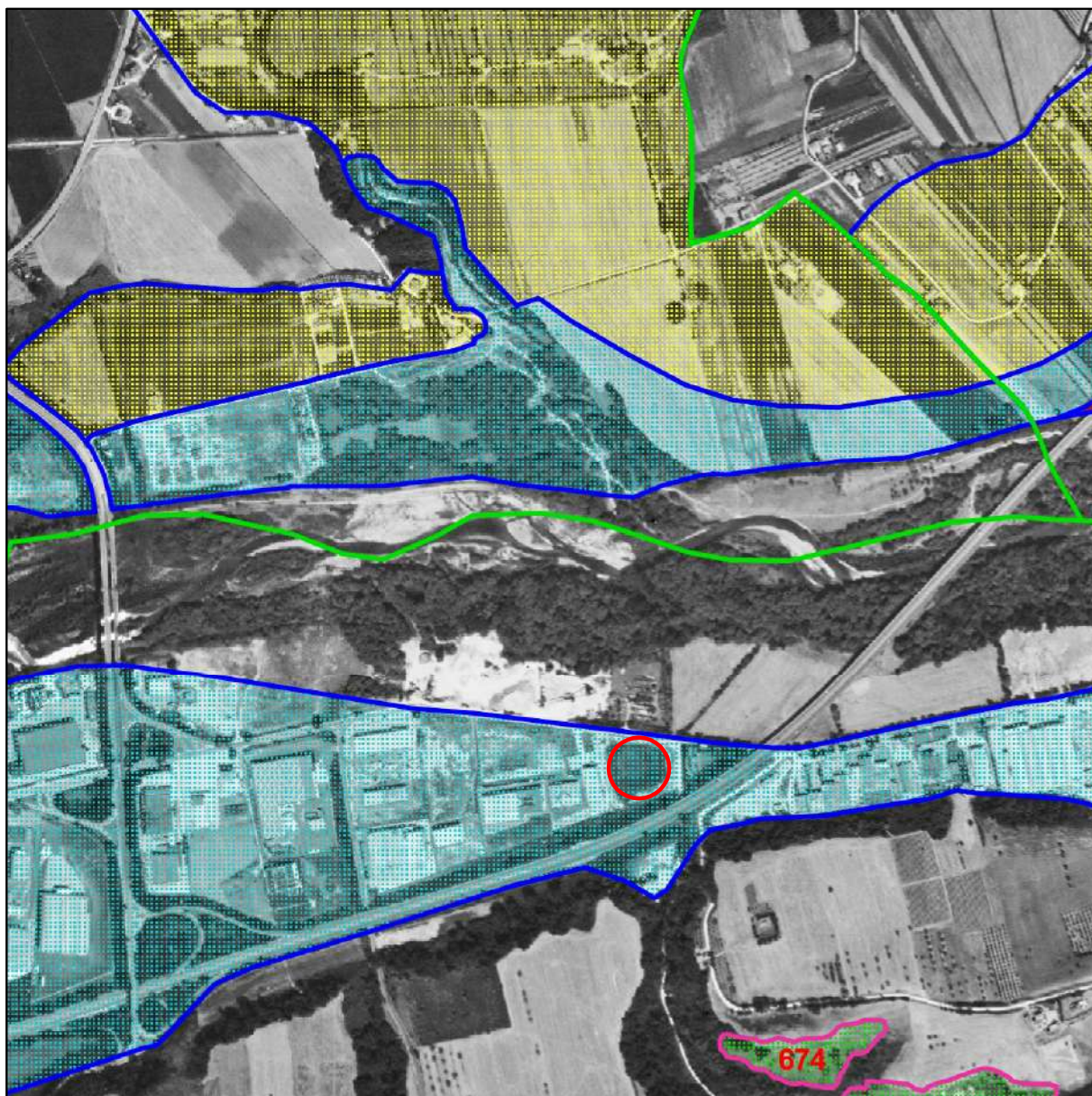
Successione del Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene superiore. Prevalenti peliti di piattaforma passanti verso l'alto a sabbie e conglomerati con facies da litorali a fluvio-deltiche a continentali (a, Vasto, Casalbordino, Chieti, Anì, Tortoreo, Colonnella). Alcune decine di metri sopra la base sono presenti 80-100 m di conglomerati e calcareniti organogene (b). **Conglomerati di Turrialgna**, e lenti di sabbie ghiaie in *orlap* sulle formazioni sottostanti (San Marco a Nord di Alassa). Zona a *Irriduvu bullituvu* e a *C. infiluvu*. Spessore: > 1500 m. *Pleistocene inferiore p.p.* - *Pleistocene superiore*.

DISCORDANZA REGIONALE

Formazione Castelli. Peliti predominanti con intercalazioni sabbioso-conglomeratiche e alternanze calcarenitico-sabbiose. Microfauna delle Zone a *C. infiluvu* e a *C. gr. crassa-furmis*. *Pliocene superiore - medio*. Spessore: 400-1000 m. A Nord del F. Vomano, separati da una discordanza individuata in sottosuolo su base sismica, sono stati differenziati: Membro di Ancarano, Peliti con intercalazioni di sabbie e conglomerati nella parte apicale (a, Colle Montarone) e con calcareniti, arenarie e conglomerati verso la base (b, Fosso Monteverde, Cellino Attanasio). Microfauna della Zona a *C. infiluvu*. *Pliocene superiore*. Membro di Casaleno. Prevalenti peliti (c) con livelli siltoso-sabbiosi (d) alla base (Fenna Alta). Microfauna a *C. gr. crassa-furmis* (con *C. punctulatus* rianeggiata). *Pliocene medio*.

	Unità di formazione
	Unità di facies
	Discordanza di tipo 1; <i>orlap</i>
	Corpi arenacei particolarmente sviluppati
	Superficie trasgressiva concordante
	Discordanza correlativa
	Discordanza di tipo 2; <i>orlap</i> quando riconoscibile in asse e prediletta in allungamento
	Giacitura degli strati (a: orizzontale; b: verticale; c: diritti; d: rovesciati)
	Faglie normali (a: fessura indicano inclinazione del piano; destra verso il letto; certe (a) o presunte (b); la fessura parallela alla faglia indicano componenti di strike-slip nel rigetto totale)
	Faglie trasversali; certe (a) o presunte (b)
	Faglie inverse (a: fessura indicano inclinazione del piano; destra verso il letto; certe (a) o presunte (b); la fessura parallela alla faglia indicano componenti di strike-slip nel rigetto totale)
	Sovrascorrenti (insegni rossi verso il letto; certe (a) o presunte (b))
	Piani di sovrascorimento relativi con movimenti normali (insegni rossi verso il letto; i detriti indicano la parte abbassata dai movimenti normali)

	Fronti di accavallamento sabbiosi (insegni rossi verso il letto)
	Fronte di accavallamento delle Unità Molisane sulle Unità Abruzzesi esterne e sulle Unità Aquila-Adriatiche
	Fronte di accavallamento delle Unità Sicili sulle Unità Molisane, sull'Unità di Caci e sui depositi pleistocenici dell'avanzata adriatica
	Contatti tettonici di scollamento interni alle Unità Molisane e tra le Unità Sicili e Molisane
	Fronte esterno della catena in sottosuolo tra il F. Vomano e il F. Tregno, da Spaurata (Molise) al F. C. N. A. 1993
	Faglie con movimenti non valutabili (a: fessura indicano inclinazione del piano; certe (a) o presunte (b))
	Fasce di <i>gouges</i> e calcareniti associate a zone di taglio
	Asse di pieghe (a: anticlinali; b: sinclinali). L'inversore della superficie assiale è indicata dalle frecce ortogonali all'asse ricurve per le pieghe rovesciate
	Asse di pieghe secche (a: anticlinali; b: sinclinali). L'inversore della superficie assiale è indicata dalle frecce ortogonali all'asse ricurve per le pieghe rovesciate
	Faglie che dislocano torne e/o depositi del Pleistocene superiore-Olocene
	Piani di scivolamento gravitativo profondo
	Conoidi alluvionali
	Paleofratte (Focca Pia, Lettopietra, Guado S. Leo-nardo)
	Accumuli di materiale di frane
	Oli di cinghi glaciali
	Sondaggi per idrocarburi
	Tracce delle sezioni geologiche (portate nel Foglio Ovest)



UBICAZIONE AREA

AREE A RISCHIO FRANA



AREE A RISCHIO MODERATO - R1



AREE A RISCHIO MEDIO - R2



AREE A RISCHIO ELEVATO - R3



AREE A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4

AREE A RISCHIO ESONDAZIONE



AREE A RISCHIO MODERATO - E1



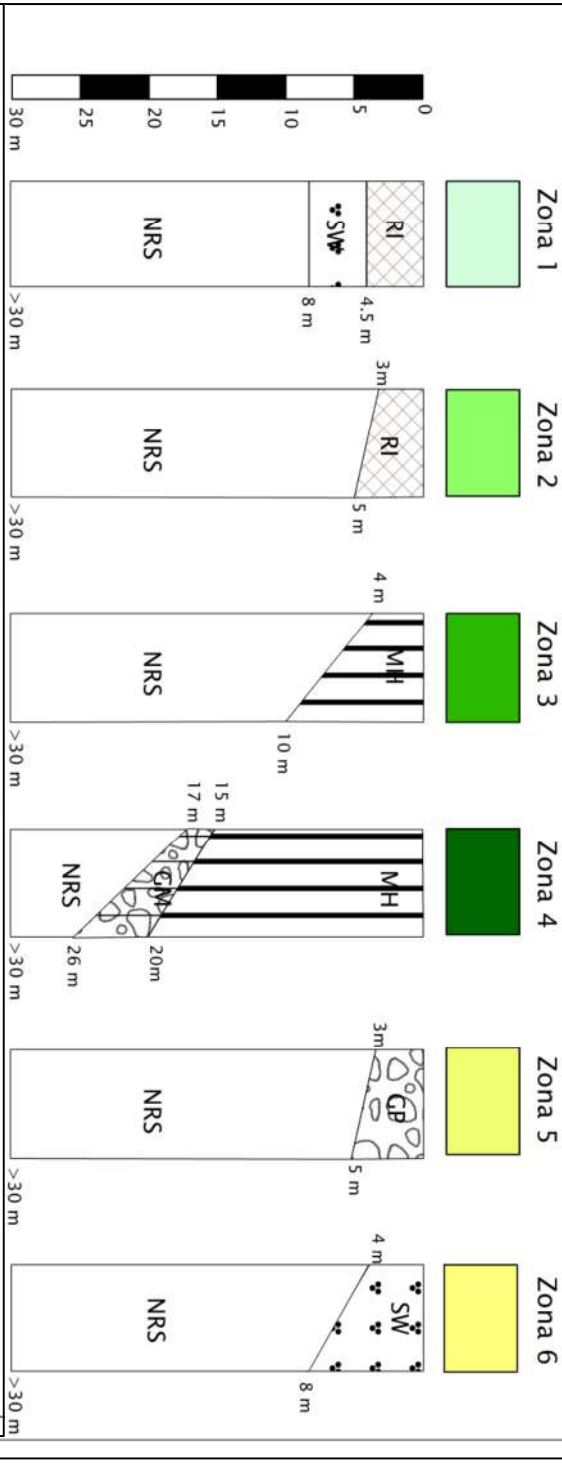
AREE A RISCHIO MEDIO - E2



AREE A RISCHIO ELEVATO - E3



AREE A RISCHIO MOLTO ELEVATO - E4



LITOLOGIE DEL SUBSTRATO GEOLOGICO NON RIGIDO

NRS Argilla sottilmente stratificata con livelli sabbiosi e arenacei disposti fra gli strati argillosi; argilla
marnosa grigio azzurra molto consistente.

LITOLOGIA DEI TERRENI DI COPERTURA

GM Sabbie ghiaiose. CP Chiaie eterometriche sciolte con inclusi lapidei.

MH Limi colluviali. SW Sabbie ghiaiose con presenza di frazione fine coesiva.

RI Terreni di origine antropica (riporti, colmate, ecc...)

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA'

ZAFR_A - Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva





ZAFR_Q - Zona di Attenzione per instabilità di versante quiescente

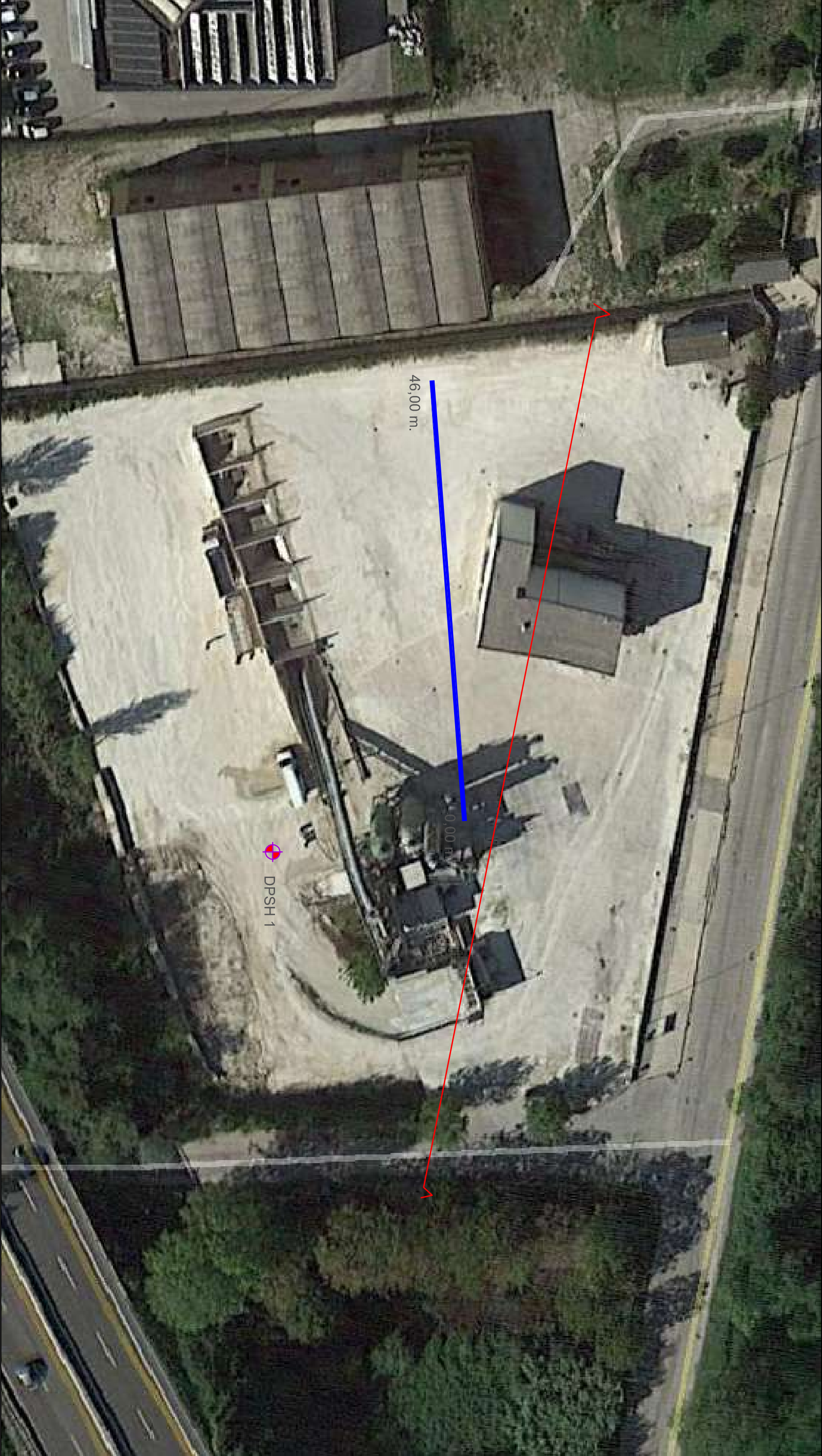
ZALQ1 - Zona di Attenzione per liquefazioni tipo 1. Presenza di depositi sabbioso ghiaiosi con orizzonti
discontinui di sabbie limose e limi sabbiosi in falda (vedi indagini P17, P18, P19, e P24)

FORME DI SUPERFICIE

RUMORE AMBIENTALE







Orlo di terrazzo fluviale (10 - 20 m) Stazione microtremore a stazione singola

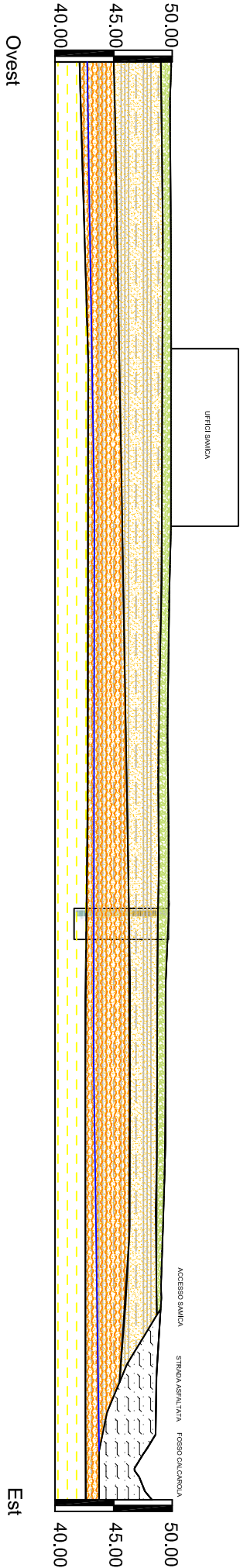
Elaborato: Ubicazione indagini Scala 1:500		TAV. N°6	 DPSH n - Ubicazione prove penetrometriche	 HVSR n - Ubicazione prove sismiche
			0  46 Linea stendimento sismico tipo MASW	 Ubicazione sez. geologica



 0 46 Linea stendimento sismico tipo MASW

Legenda

- | | | | | | |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------|
|  | Riporto antropico |  | Sabbie argillose |  | Substrato argilloso |
|  | Deposito alluvionale fosso Calcarola |  | Sabbie, sabbie argillose limosa |  | Falda acquifera |



Elaborato:
Documentazione fotografica

TAV.
N°8



Ubicazione prova DPSH 1



Ubicazione stendimento sismico MASW

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

.

Committente: Samica SRL Cantiere: Ancarano (TE) Località: Strada Provinciale SP.1	
---	--

Committente: Samica SRL Cantiere: Ancarano (TE) Località: Strada Provinciale SP.1	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH 63 DEEP DRILL

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.6 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.474
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH 63 DEEP DRILL
 Prova eseguita in data 09/12/2020
 Profondità prova 7.80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	31	0.705	229.65	325.91	11.48	16.30
0.40	15	0.801	126.28	157.70	6.31	7.88
0.60	10	0.847	81.73	96.50	4.09	4.82
0.80	4	0.843	32.55	38.60	1.63	1.93
1.00	4	0.840	32.41	38.60	1.62	1.93
1.20	3	0.836	24.21	28.95	1.21	1.45
1.40	3	0.833	24.11	28.95	1.21	1.45
1.60	1	0.830	7.40	8.92	0.37	0.45
1.80	1	0.826	7.37	8.92	0.37	0.45
2.00	1	0.823	7.34	8.92	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.92	0.37	0.45
2.40	1	0.817	7.29	8.92	0.36	0.45
2.60	1	0.814	6.75	8.29	0.34	0.41
2.80	1	0.811	6.73	8.29	0.34	0.41
3.00	4	0.809	26.81	33.15	1.34	1.66
3.20	8	0.806	53.44	66.31	2.67	3.32
3.40	9	0.803	59.93	74.59	3.00	3.73
3.60	6	0.801	37.20	46.45	1.86	2.32
3.80	3	0.798	18.54	23.23	0.93	1.16
4.00	4	0.796	24.65	30.97	1.23	1.55
4.20	3	0.794	18.43	23.23	0.92	1.16
4.40	3	0.791	18.38	23.23	0.92	1.16
4.60	5	0.789	28.66	36.32	1.43	1.82
4.80	1	0.787	5.72	7.26	0.29	0.36
5.00	3	0.785	17.11	21.79	0.86	1.09
5.20	4	0.783	22.75	29.05	1.14	1.45
5.40	4	0.781	22.69	29.05	1.13	1.45
5.60	3	0.779	15.99	20.52	0.80	1.03
5.80	4	0.777	21.27	27.36	1.06	1.37
6.00	3	0.775	15.91	20.52	0.80	1.03
6.20	3	0.774	15.88	20.52	0.79	1.03
6.40	3	0.772	15.84	20.52	0.79	1.03
6.60	4	0.770	19.92	25.86	1.00	1.29
6.80	2	0.769	9.94	12.93	0.50	0.65
7.00	12	0.767	59.51	77.57	2.98	3.88
7.20	35	0.616	139.28	226.24	6.96	11.31
7.40	38	0.614	150.86	245.63	7.54	12.28
7.60	42	0.563	144.80	257.33	7.24	12.87
7.80	45	0.561	154.75	275.71	7.74	13.79

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[4] - argilla	34.2	7.80	Shioi - Fukui 1982	1.71

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc
-------------	------	--------------	--------------	----

		(m)		(Kg/cm ²)
[4] - argilla	34.2	7.80	Robertson (1983)	68.40

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[4] - argilla	34.2	7.80	Stroud e Butler (1975)	156.91

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[4] - argilla	34.2	7.80	Apollonia	342.00

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[4] - argilla	34.2	7.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[4] - argilla	34.2	7.80	Meyerhof ed altri	2.26

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[4] - argilla	34.2	7.80	Meyerhof ed altri	2.50

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[4] - argilla	34.2	7.80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	184.98

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - riporto	14	0.80	14	Meyerhof 1957	89.94
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Meyerhof 1957	31.06
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Meyerhof 1957	33.96

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - riporto	14	0.80	14	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29.49
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.67
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22.39

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - riporto	14	0.80	14	Bowles (1982) Sabbia Media	145.00
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Bowles (1982) Sabbia Media	---

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - riporto	14	0.80	14	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	56.22
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	31.86
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	34.94

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - riporto	14	0.80	14	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - riporto	14	0.80	14	Meyerhof ed altri	1.85
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Meyerhof ed altri	1.41
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Meyerhof ed altri	1.48

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - riporto	14	0.80	14	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - riporto	14	0.80	14	(A.G.I.)	0.33

[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	(A.G.I.)	0.35
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	(A.G.I.)	0.35

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
[1] - riporto	14	0.80	14	Ohsaki (Sabbie pulite)	776.74
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Ohsaki (Sabbie pulite)	132.89
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Ohsaki (Sabbie pulite)	218.95

Velocità onde di taglio

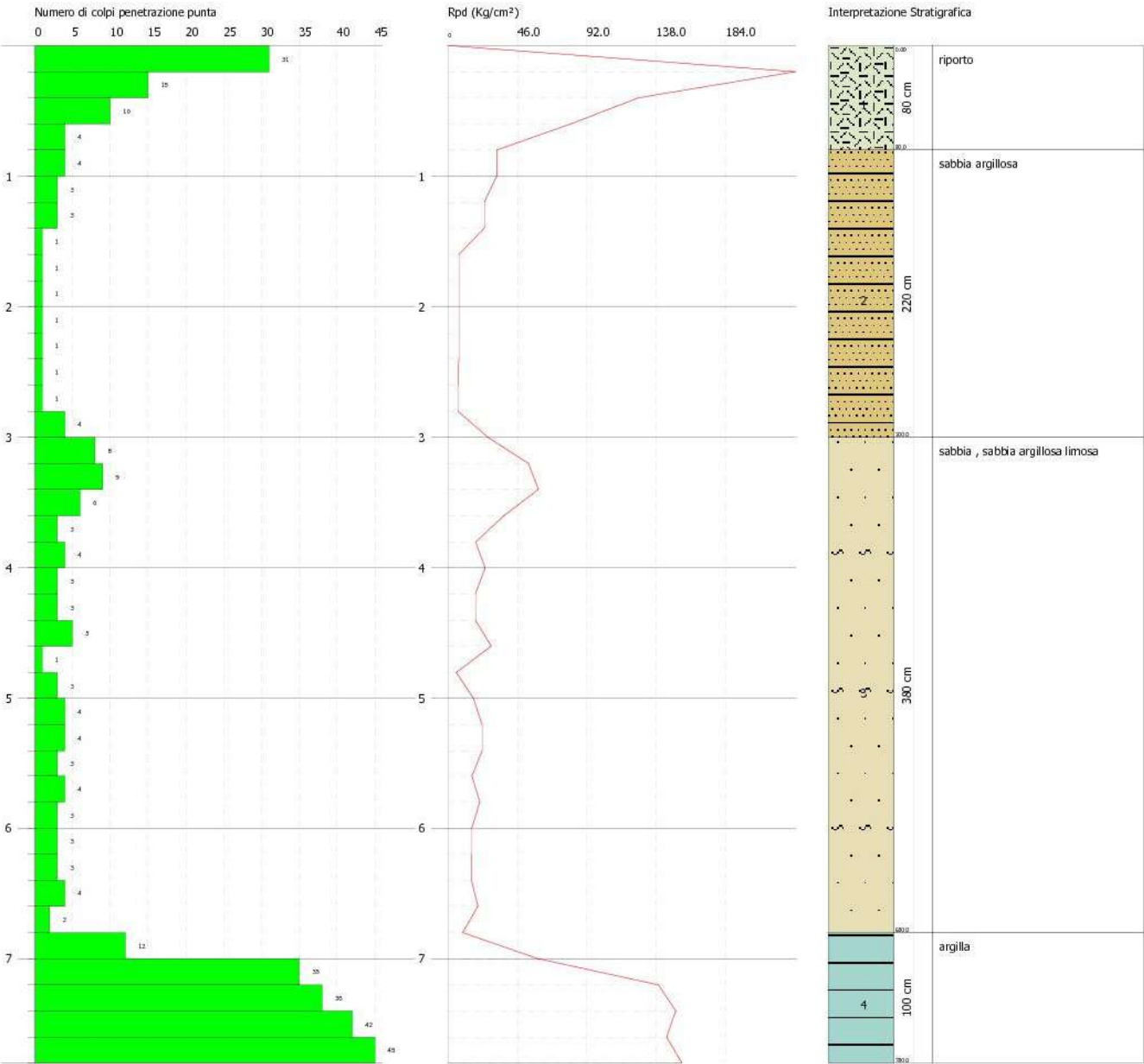
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - riporto	14	0.80	14	Ohta & Goto (1978) Limi	90.49
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Ohta & Goto (1978) Limi	88.32
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Ohta & Goto (1978) Limi	116.25

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - riporto	14	0.80	14	Navfac 1971-1982	2.93
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Navfac 1971-1982	0.30
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Navfac 1971-1982	0.67

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - riporto	14	0.80	14	Robertson 1983	28.00
[2] - sabbia argillosa	2.14	3.00	2.14	Robertson 1983	4.28
[3] - sabbia , sabbia argillosa limosa	3.64	6.80	3.64	Robertson 1983	7.28



Trasformazione attività produttiva**Data: dicembre 2020****Exploro Snc****di MORGANTI
e PASQUALINI****Via Alcide De Gasperi, 116 - Pagliare del Tronto
63078 SPINETOLI (AP) - P.Iva: 01713740445****Proprietà: SAMICA SRLDott.sa
Morena D'Angelo****Cantiere:
Ancarano (TE)****Località: S.P.1 Bonifica****Indagine geofisica tramite tecnica MASW**

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Strumentazione utilizzata

Nella presente indagine è stato utilizzato il sismografo DoReMi della SARA electronic instruments s.r.l., uno strumento innovativo che distribuisce lungo il cavo di stendimento l'elettronica necessaria alla registrazione del segnale sismico. Le sue caratteristiche tecniche sono di seguito specificate.

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto

Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)

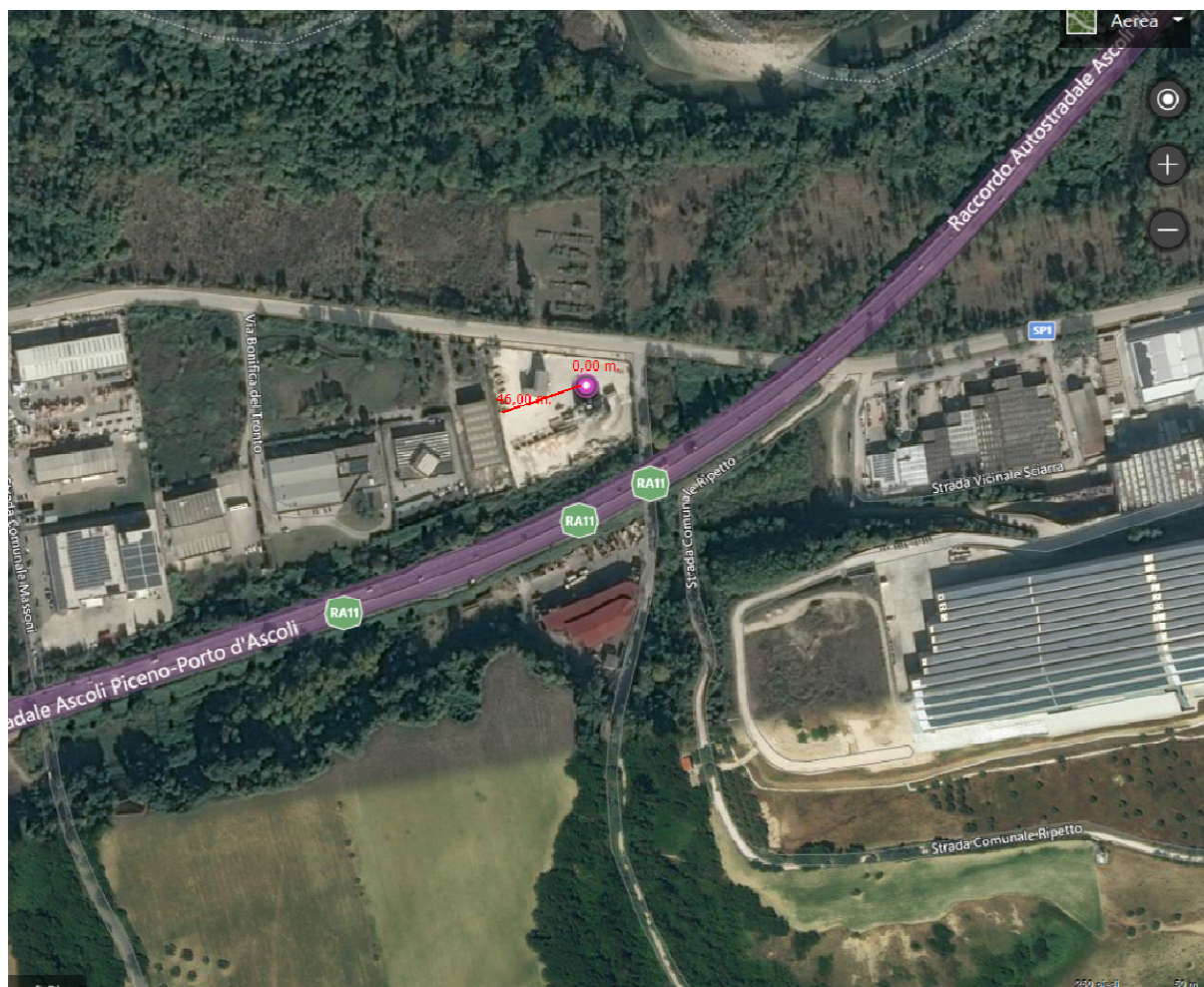
Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato

Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (campionamento da 2 a 0.05 ms)
 Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
 Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
 Banda passante: 2-200 Hz
 Reiezione modo comune: > 80 dB
 Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale
 Risoluzione: 7.6 μ V @ 27 dB; 0.076 μ V @ 60 dB
 Dinamica di base: 96 dB (16 bit)
 S/N ratio fra 0.5 e 30 Hz: > 94 dB (> 150 dB con l'uso del PGA)
 Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15 Vdc
 Consumo di energia: interfaccia 80 mA, canale 30 mA (per 12 canali < 500 mA)

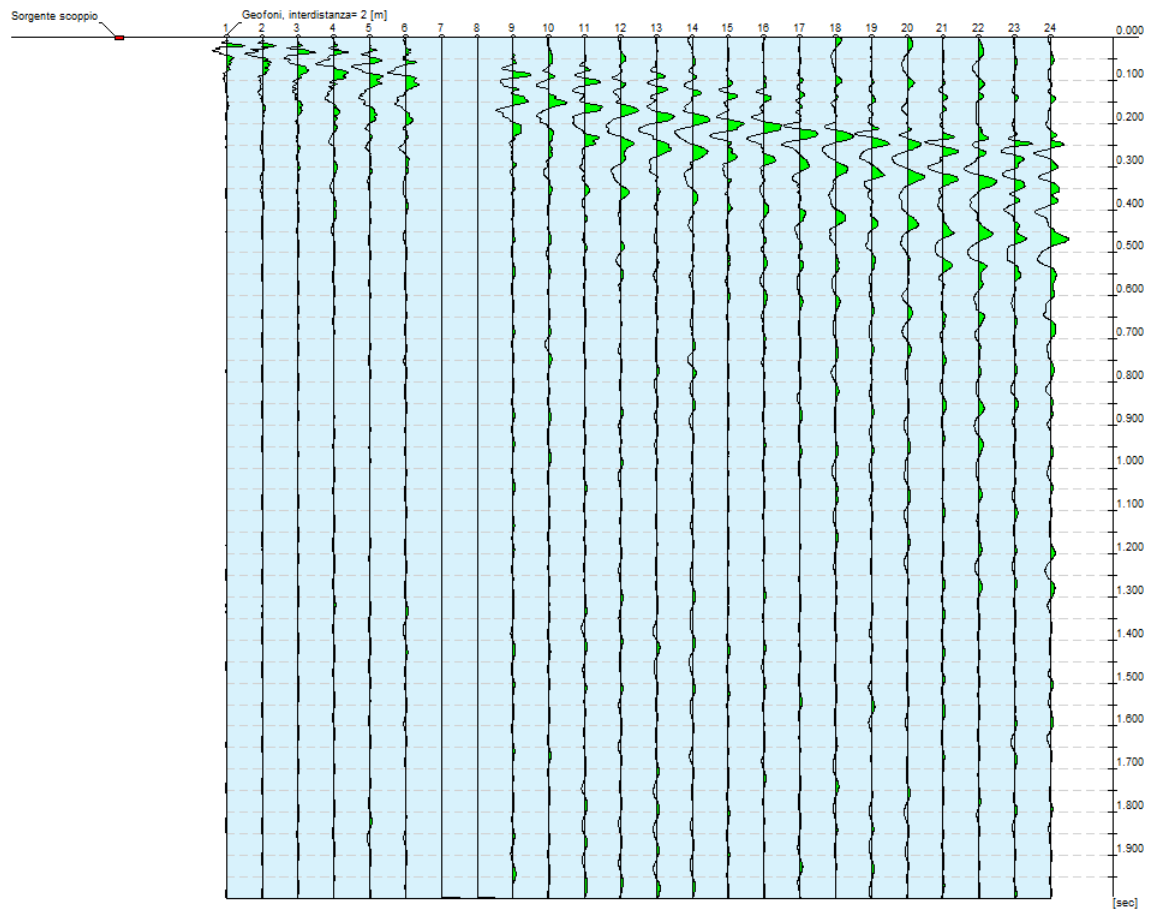
Dati generali

Committente	SAMICA srl
Cantiere	Ancarani (TE)
Località	S.P.1 Bonifica
Data	09/12/2020 06:48
Latitudine	42.8526
Longitudine	13.7340



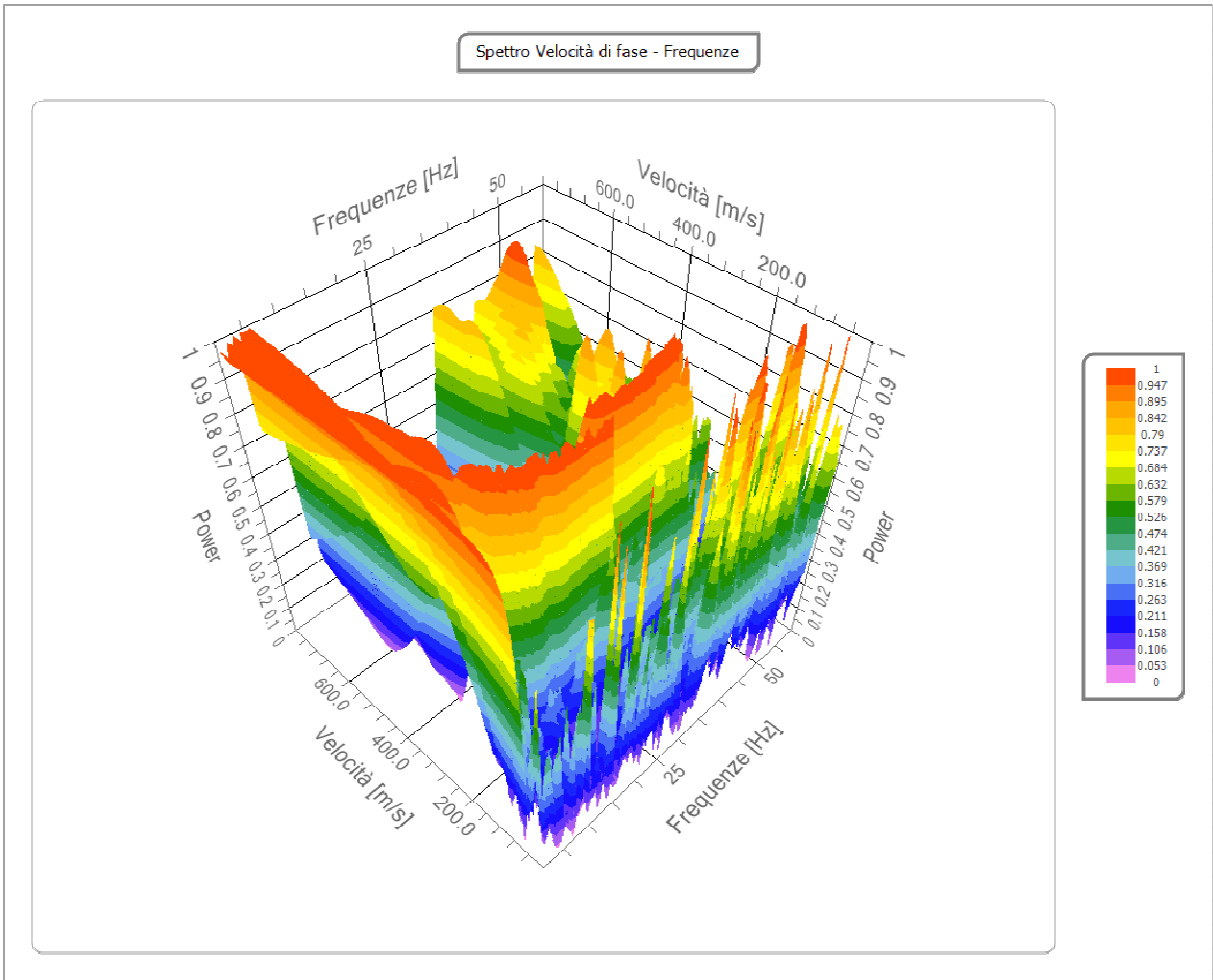
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



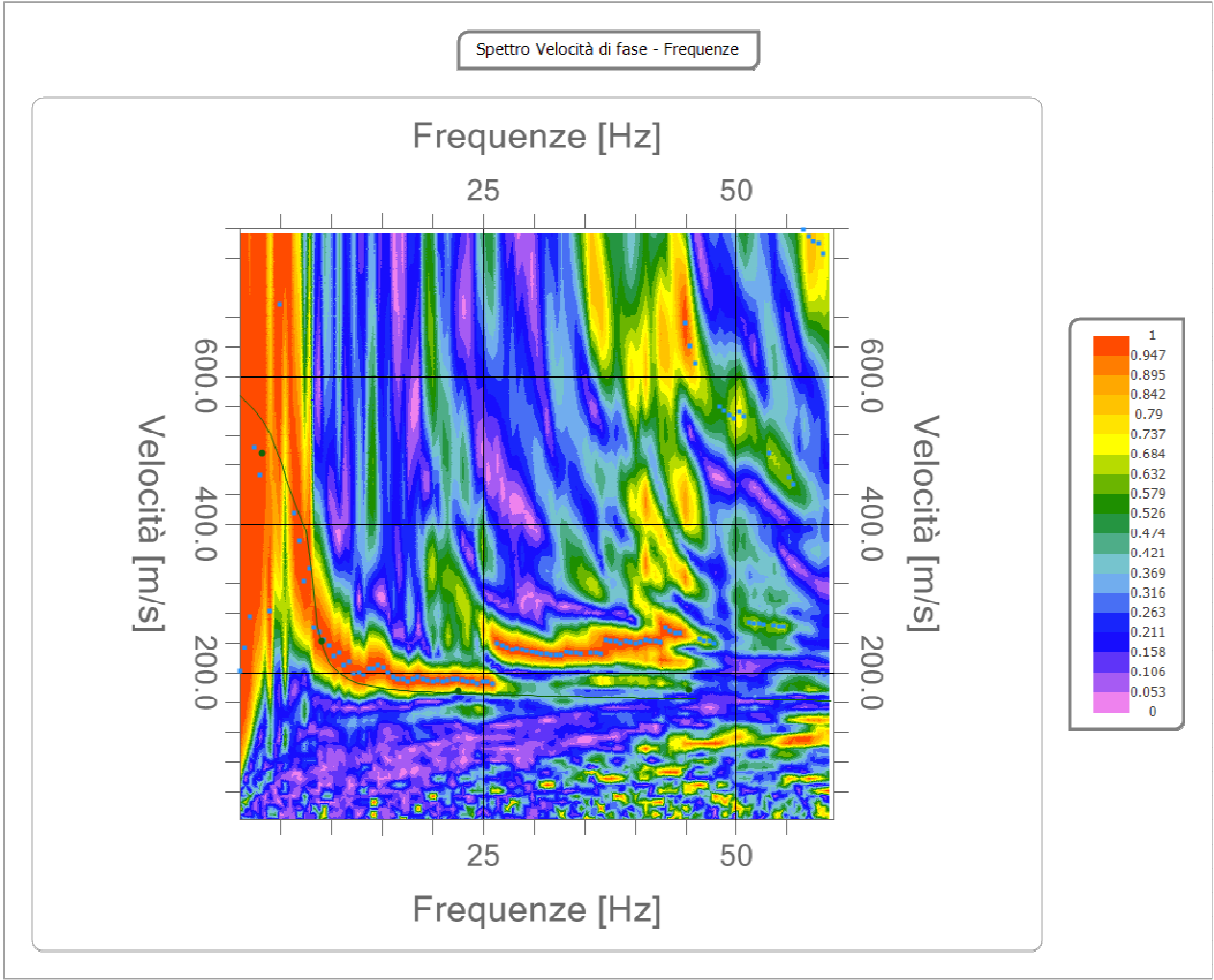
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.2	495.5	0
2	9.0	242.1	0
3	22.5	175.6	0
4	45.3	177.2	0



Inversione

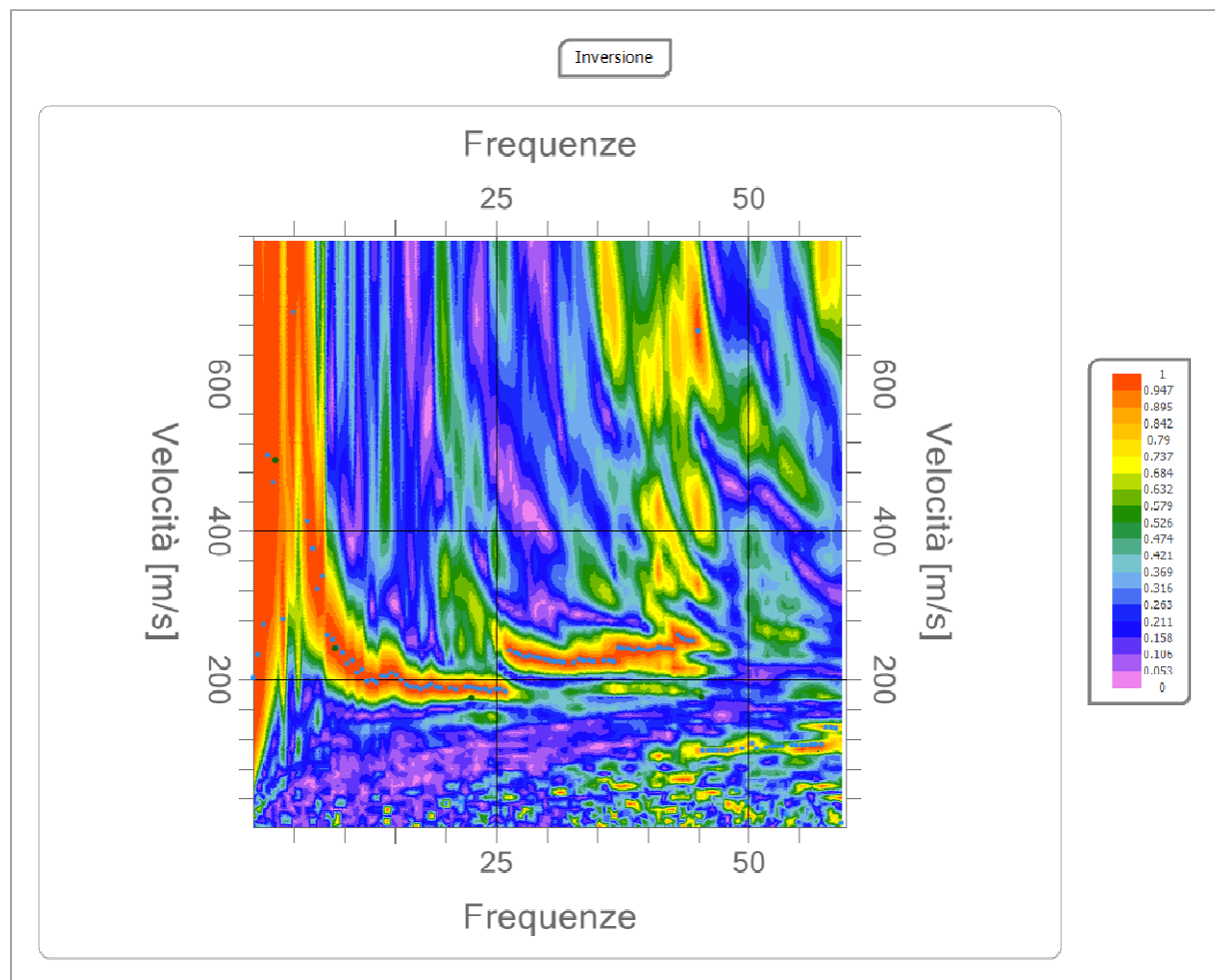
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1850.0	0.33	No	384.2	193.5
2		6.07	5.07	1410.0	0.35	No	403.0	193.6
3		11.63	5.56	1480.0	0.35	No	452.3	217.3
4		20.56	8.93	2260.0	0.28	Si	904.6	500.0
5		oo	oo	2380.0	0.23	Si	1014.1	600.5

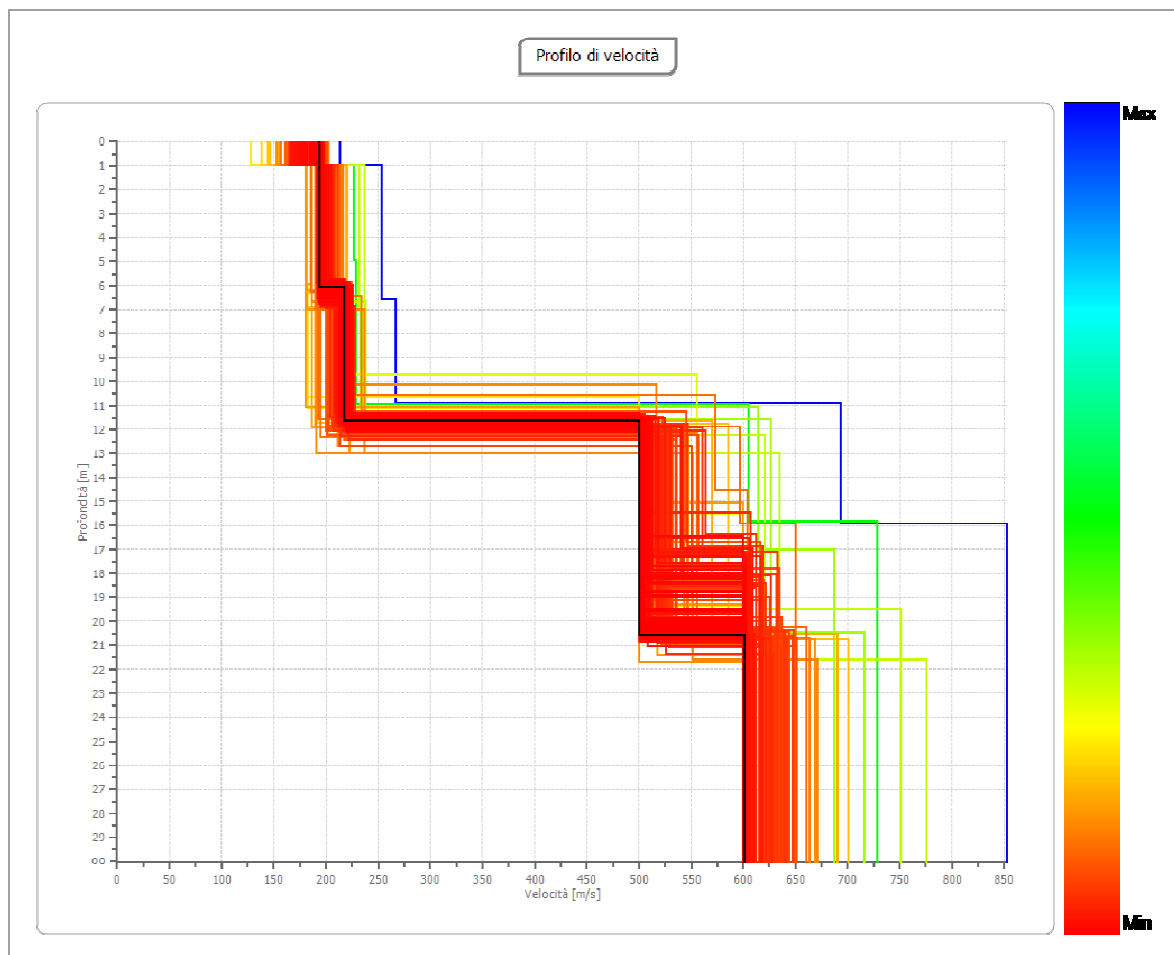
Percentuale di errore

0.033 %

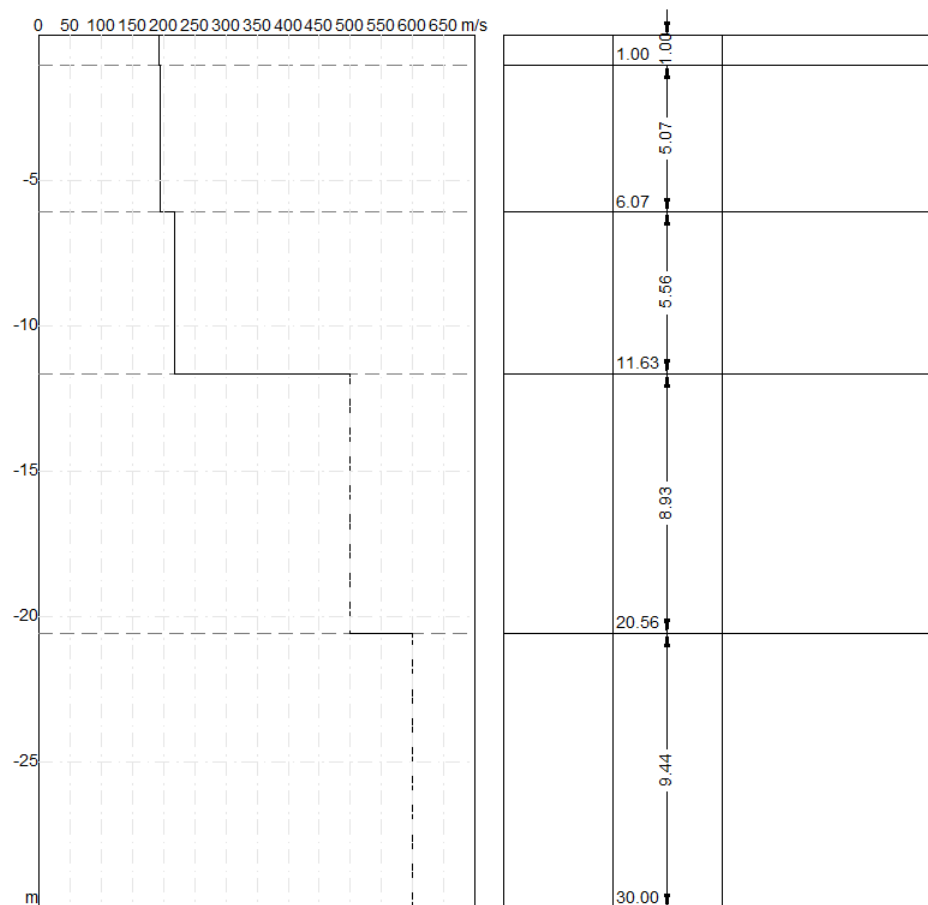
Fattore di disadattamento della soluzione

0.014





Sismostratigrafia



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	331.42
Categoria del suolo	C

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	193.53	384.20	1850.00	0.33	69.29	273.08	180.70	184.31	N/A	644.65
2	6.07	5.07	193.59	402.99	1410.00	0.35	52.84	228.98	158.53	142.67	100	645.64
3	11.63	5.56	217.28	452.30	1480.00	0.35	69.87	302.77	209.61	188.65	70	1153.24
4	20.56	8.93	500.04	904.61	2500.00	0.28	625.11	2045.80	1212.33	1600.27	N/A	N/A
5	oo	oo	600.51	1014.11	2450.00	0.23	883.51	2519.63	1341.62	2173.43	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;