



Committente:

Selva Wind Srl

Selva Wind Srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

selvawindsrl@cert.studiopirola.com

Titolo del Progetto:

Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna

Documento:

Relazione sismica e geotecnica

N° Documento:

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Progettista:



Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

geol. Domenico DEL CONTE

Collaborazioni

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO



Domenico Del Conte

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	05/12/2022	Emissione	Del Conte	Del Conte	Del Conte



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 1 di 60

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	5
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	11
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA	11
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO ALL'INTERNO DEL PARCO EOLICO ...	26
6. CAMPAGNA DI INDAGINI.....	28
6.1 PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW	28
6.2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE.....	30
6.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	32
6.4 MODALITÀ' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ' DI CAMPO	34
6.5 RISULTATI INDAGINE GEOFISICA	35
6.6 ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW	35
6.7 ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	39
6.8 PROVE PENETROMETRICHE SCPT.....	50
7. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI AFFIORANTI.....	52
8. CONCLUSIONI.....	55



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 2 di 60

PARCO EOLICO SELVA WIND SITO NEL COMUNE DI ENNA

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

1. PREMESSA

Il presente rapporto è stato redatto a supporto del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società Selva Wind S.r.l..

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 11 aerogeneratori, del tipo Vestas con rotore pari a 162 m e altezza al tip di 200 m, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 79,2 MW.

L'area di progetto, intesa come quella occupata dagli 11 aerogeneratori, con annesse piazzole e la cabina utente, interessa il territorio comunale di Enna.

I cavidotti AT di connessione tra gli aerogeneratori nell'area parco interessano il territorio comunale di Enna. Quelli tra l'ultimo aerogeneratore e la Cabina Utente interessano il territorio comunale di Enna, Piazza Armerina e Valguarnera Caropepe.

Il cavidotto AT di connessione tra la Cabina Utente e la Stazione Elettrica Terna si estende per circa 561 m, sviluppandosi all'interno del territorio del Comune di Enna.

Il parco eolico di progetto è previsto nell'area situata a sud del territorio comunale di Enna e a nord-ovest del territorio comunale di Piazza Armerina, ad una distanza minima dai centri abitati rispettivamente di circa 8,5 km.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa dei fogli di mappa su cui insisteranno le opere di connessione con i relativi comuni di pertinenza.

OPERA	COMUNE	FOGLIO CATASTALE
Stazione TERNA	Enna	93
Cabina utente	Enna	93



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

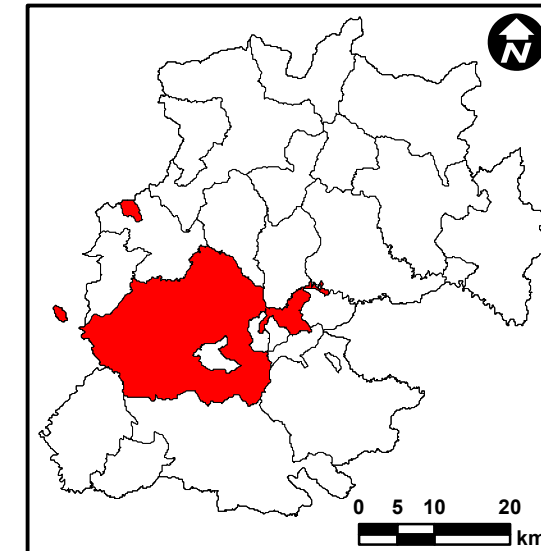
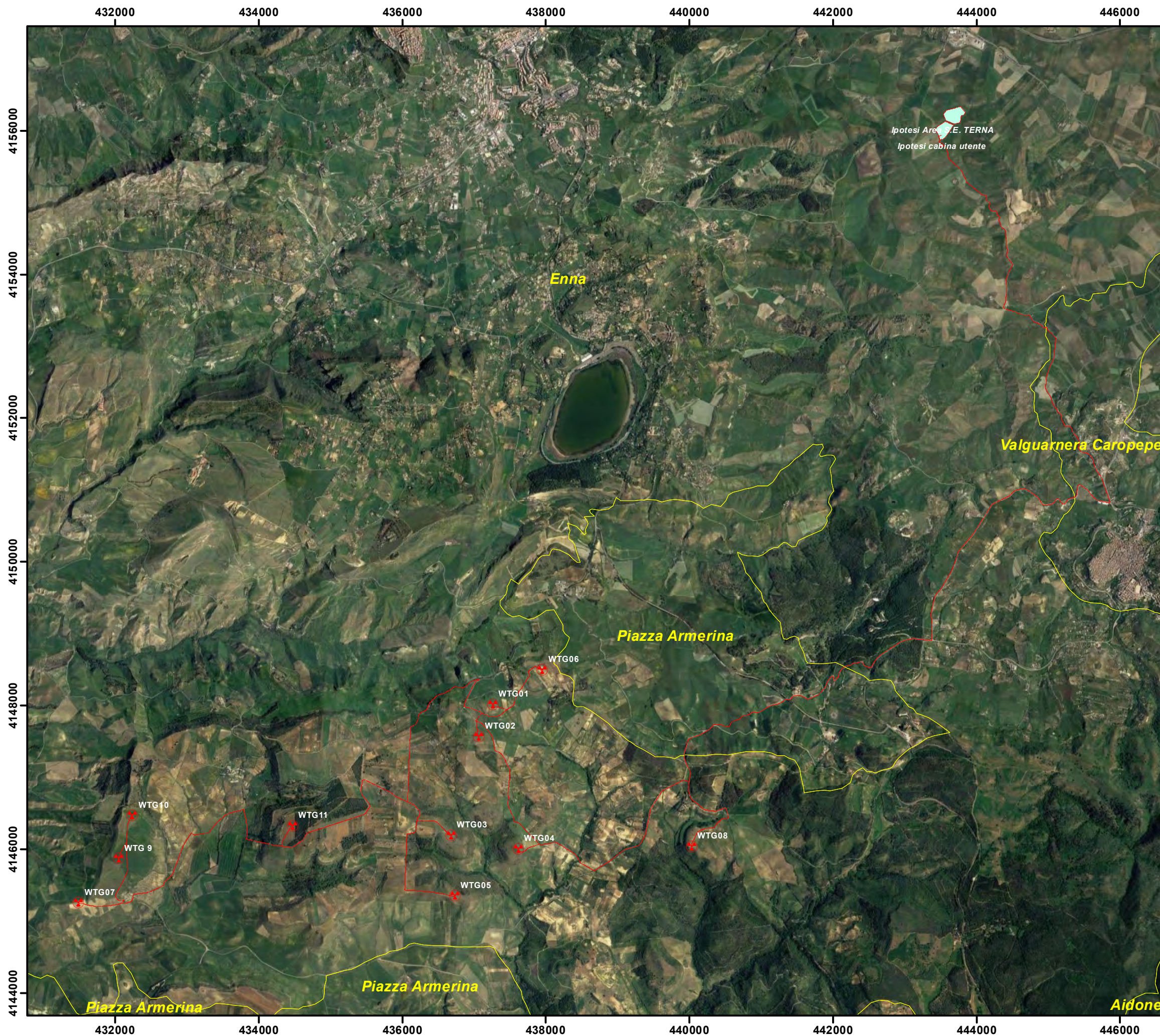
RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 3 di 60

I cavidotti AT di connessione tra gli aerogeneratori	Enna	243, 244, 246, 249, 250, 211, 212, 213, 251, 254, 255, 256, 257
Il cavidotto AT di connessione tra l'ultimo aerogeneratore e la Cabina Utente	Enna	256, 215, 219, 218, 217, 184, 108, 96, 100, 98, 93
	Piazza Armerina	11, 12, 13, 14
	Valguarnera Caropepe	4, 7, 5, 3
Il cavidotto AT di connessione tra la Cabina Utente e la S. E. Terna	Enna	98, 92, 93



Legenda:

- AEROGENERATORI
- PROPOSTA CAVIDOTTO
- IPOTESI CABINA UTENTE
- IPOTESI AREA S.E. TERNA
- LIMITI COMUNALI

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 33N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: 15.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

LIMITI COMUNALI

dott. Domenico Del Conte
geologo

Corso Giannone, 184 - 71010 Cagnano Varano (FG)
 Tel/Fax 0884.89012 - Cell. 329.7160866



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 5 di 60

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Come narrato in precedenza, il parco eolico sarà costituito da n. 11 aerogeneratori in grado di sviluppare ognuno una potenza di 7.2 MW.

Di seguito si riportano le coordinate piane (WGS 1984 UTM Zone 33 N), relative alla posizione di installazione dei singoli aerogeneratori:

WTG	E	N	potenza
1	437265	4148016	7,2 MW
2	437073	4147565	7,2 MW
3	436683	4146195	7,2 MW
4	437622	4146001	7,2 MW
5	436734	4145351	7,2 MW
6	437954	4148497	7,2 MW
7	431495	4145255	7,2 MW
8	440037	4146041	7,2 MW
9	432055	4145874	7,2 MW
10	432246	4146470	7,2 MW
11	434479	4146330	7,2 MW

Cartograficamente le opere di che trattasi ricadono nelle seguenti aree:


- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 268 – Caltanissetta;
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 631 – Caltanissetta - Enna;
- Tavoletta "Friddani" 268 II NO, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
generatore VE02);
- Tavoletta "Valguarnera Caropepe" 268 II NE, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Tavoletta "Calderari" 268 I SO, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Carta Tecnica Regionale della Sicilia – Elementi nn. 631110 – 631120 – 632090 – 632050, in scala 1:10000.

- Foglio catastale comune di Enna

Foglio N. 212 (p.lla 33 – Aerogeneratore WTG1);

Foglio N. 250 (p.lla 474 – Aerogeneratore WTG2);

Foglio N. 250 (p.lla 175 – Aerogeneratore WTG3);

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 00 Gennaio 2023
		IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002
		Pagina 6 di 60

Foglio N. 251 (p.lle 245-465 – Aerogeneratore WTG4);

Foglio N. 250 (p.lla 48 – Aerogeneratore WTG5);

Foglio N. 213 (p.lla 34 – Aerogeneratore WTG6);

Foglio N. 243 (p.lla 89 – Aerogeneratore WTG7);

Foglio N. 257 (p.lla 155 – Aerogeneratore WTG8);

Foglio N. 244 (p.lla 1 – Aerogeneratore WTG9);

Foglio N. 244 (p.lla 1 – Aerogeneratore WTG10);

Foglio N. 246 (p.lla 36 – Aerogeneratore WTG11).

Topograficamente le aree oggetto di studio presentano quote comprese tra 575 e 829 m s.l.m..

L'area oggetto di studio è ubicata nella Sicilia centrale lungo le propaggini meridionali dei Monti Erei e ricade nella provincia di Enna.

Essa risulta cartografata nel Foglio "Caltanissetta-Enna" e comprende le propaggini centro-meridionali del Bacino di Caltanissetta, un segmento di catena di notevole complessità strutturale e morfologica costituito da una serie di falde alloctone rappresentate dalle unità sicilidi e numidiche e dalle coperture di prevalente età del Miocene superiore-Pliocene.

I rilevamenti sono stati basati sul criterio litostratigrafico che ha permesso di definire i rapporti geometrici (stratigrafici e/o tettonici) di sovrapposizione tra le varie unità e formazioni affioranti e di riconoscere le geometrie delle strutture ad andamento regionale. Le formazioni sono state suddivise in litofacies e sono state raggruppate in unità tettoniche com'è in uso nella cartografia geologica delle catene a falde e descritte nell'ordine dettato dalla posizione strutturale, dal basso verso l'alto. E' da segnalare la presenza di unità litostratigrafiche caratterizzate da una notevole varietà di litotipi e dalla presenza di blocchi inglobati associati senza un apparente ordine stratigrafico.

Nella carta geologica sono stati distinti i contatti primari di carattere stratigrafico da quelli di natura tettonica e, all'interno di questi, le diverse generazioni di strutture che hanno interessato l'area.



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 7 di 60

Nello specifico, le litofacies che caratterizzano i terreni della zona in esame, sono costituiti dall'alto verso il basso da:

ba – Depositi alluvionali attuali - Si tratta di ghiaie, sabbie e limi argillosi che costituiscono l'alveo attuale in continua elaborazione dei corsi d'acqua, e sono generalmente separati dai depositi alluvionali recenti da una balza. La frazione grossolana è eterometrica e poligenica. Questi depositi sono continuamente rimodellati dalle piene dei corsi d'acqua a regime perenne.

L'età è Olocene.

bb – Depositi alluvionali recenti - Questi depositi si estendono lateralmente ai corsi dei fiumi principali quali i fiumi Salso o Imera meridionale, il F. Morello ed il F. Salito, dove costituiscono i depositi di piana inondabile. Si ritrovano poco al di sopra dell'alveo attuale e sono fissati da vegetazione ad arbusti o ampiamente coltivati e solo eccezionalmente possono essere rielaborati da piene torrentizie. Sono costituiti da prevalenti sabbie a granulometria medio-fine, contenenti livelli di sabbie grossolane e ghiaie e più limitati intervalli limosi. Lo spessore varia da pochi metri fino ad una decina di metri.

L'età è riferibile all'ultimo ciclo alluvionale post-Wurm e quindi all'Olocene.

e2 – Depositi lacustri - Questi depositi occupano blande depressioni che si estendono al di sopra delle sabbie di Lannari. Altri depositi lacustri affiorano diffusamente nell'area di Caltanissetta, dove occupano depressioni che si sviluppano sia sulle marne tortoniane della formazione Terravecchia, che su vari termini del gruppo Gessoso-Solfifera, sui Trubi e sulle sabbie di Lannari. Si tratta in genere di sedimenti limosi di colore da bruno-nerastro a rossastro, contenenti abbondante materiale organico vegetale, cui s'intercalano rari livelli centimetrici di sabbie a granulometria molto fine. Molto raramente si ritrovano livelli lenticolari, spessi fino a un decimetro, di microconglomerati poligenici ricchi in matrice sabbiosa.

L'età è Pleistocene superiore-Olocene.

NNL – Sabbie di Lannari - Si tratta di una sequenza, potente fino a 200 metri, di sabbie giallastre a granulometria medio-fine, talora siltose, di colore giallastro a stratificazione

irregolare cui s'intercalano livelli arenacei a grado di cementazione variabile a scarsa continuità laterale, e più raramente intercalazioni calcarenitiche e livelli lenticolari di conglomerati.

L'età è del Gelasiano-Calabriano.



Sovrapposizione stratigrafica delle sabbie di Lannari (NNL) sulla sequenza pelitica delle argille marnose di Geracello (GER) in Contrada Lannari, lungo la sponda destra del F. Salso.

GER – Marne di Geracello - I sedimenti di questa formazione (RODA, 1968) affiorano prevalentemente nelle zone meridionali del Foglio "Caltanissetta-Enna", occupando il nucleo delle maggiori sinclinali come quella dell'area di Caltanissetta e del F. Salso. Essa è costituita da una monotona sequenza di argille marnoso-siltose, di colore da grigio-azzurre a grigio-giallastre, contenenti talora rari livelli centimetrici di sabbie giallastre a granulometria fine. La base di questa successione pelitica è talora marcata da un intervallo (GERa), potente fino a circa 70-80 metri, costituito da argille sabbiose e sabbie argillose contenenti frequenti intercalazioni lenticolari di banchi di sabbie ed arenarie, caratterizzate talora da stratificazione incrociata a basso angolo. Nelle porzioni basali, sono a tratti



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 9 di 60

presenti livelli calcarenitici e intercalazioni lentiformi decimetriche di conglomerati poligenici. Talora i livelli argillosi contengono orizzonti ricchi in macrofauna costituita da prevalenti lamellibranchi e gasteropodi, tra cui si riconoscono *Natica* sp., *Turritella* sp. *Cardium* sp. e *Venus* sp.

Lo spessore totale di questa successione raggiunge i 200 metri. L'età è Gelasiano.


ENN – Formazione di Enna - La formazione di Enna giace in discordanza angolare sui sottostanti depositi del Miocene superiore e del Pliocene inferiore (Fig. 8), ed è ricoperta dai sedimenti del gruppo di Geracello, discordanti a loro volta. Si tratta di una successione costituita da un membro basale pelitico ed un membro apicale sabbioso-calcarenitico, corrispondenti rispettivamente alle Marne di Enna e alle Calcareniti di Capodarso di RODA (1968).

Il membro pelitico (marne di Enna, **ENNa**) è costituito da una sequenza potente circa 250 metri di marne e marne argillose di colore grigio-azzurro, grigio-biancastre all'alterazione, a frattura concoide e a stratificazione poco evidente. La monotona successione pelitica è interrotta da rare intercalazioni arenaceo-sabbiose di colore grigio-giallastro, spesse da pochi centimetri a qualche decimetro. Verso l'alto le intercalazioni arenaceo-sabbiose si infittiscono progressivamente, fino a dar luogo al superiore intervallo litostratigrafico delle sabbie e calcareniti di Capodarso (**ENNb**), che formano il costone che definisce morfologicamente la dorsale di M. Sambucina-M. Capodarso-M. Pasquasia ed i piastroni dove sorgono gli abitati di Enna e Calascibetta.

L'età è Piacenziano.

TRB – Trubi - La successione pelagica dei Trubi (DEL FRATI, 2007) poggia con contatto discordante sui sedimenti del gruppo Gessoso Solfifera affiorando al nucleo delle maggiori sinclinali e trovando le migliori esposizioni nei pressi della città di Enna e nell'area di Pietraperzia.

Si tratta di un'alternanza di marne calcaree e calcari marnosi bianchi a foraminiferi planctonici organizzati in strati decimetrici generalmente intensamente fratturati.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 00 Gennaio 2023
		IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002
		Pagina 10 di 60

Nella porzione centrale del Foglio "Caltanissetta-Enna", nell'area tra Caltanissetta e Pietraperzia, a vari livelli della successione pelagica dei Trubi si intercalano potenti orizzonti, di spessore non definibile, di argille brecciate (**TRBb**). Queste sono da una matrice argillosa con tessitura da brecciata a cataclastica, di colore nerastro, a giacitura caotica, contenenti blocchi di gessi (GTL2), di calcari evaporitici (GTL1) e di argille varicolori (AV). L'età è Zancleano.

GTL2 - Formazione di Cattolica - Il membro selenitico poggia sul Calcare di base o direttamente sui sottostanti termini della formazione Terravecchia e del Tripoli. Esso è costituito da una sequenza di gessi microcristallini sottilmente laminati (ritmiti), in strati fino a 2 m, e gessi massivi ricristallizzati in grossi elementi geminati, stratificati in banchi di dimensione metriche, talora alternati a sottili livelli di argille gessose di colore bruno e di marne bituminose.

Questi sedimenti affiorano in modo continuo e in successione sul Tripoli lungo il fianco settentrionale della dorsale che da C.da Gessolungo, poco a NE dell'abitato di Caltanissetta, si estende fin quasi al Lago di Pergusa. Lo spessore varia da pochi metri fino a circa 50 metri. L'età è Messiniano inferiore.

GTL1 - Formazione di Cattolica - Costituisce il membro basale della formazione di Cattolica e poggia sulla formazione Terravecchia, e localmente sul Tripoli. Si tratta di una sequenza di calcari cristallini bianco-grigiastri massivi, calcari laminati e calcari stromatolitici in banchi talora disarticolati contenenti livelli lenticolari di calcari brecciati, separati a luoghi da livelli centimetrici di peliti grigiastre. Talora, all'interno dei banchi carbonatici sono presenti pseudomorfi di cristalli di salgemma e lamine di gesso le quali possono a luoghi costituire livelli lenticolari potenti fino a circa 2 metri. L'età è Messiniano inferiore.

TRVb - Formazione Terravecchia - Nelle porzioni meridionali del Foglio "Caltanissetta-Enna", al nucleo delle anticlinali che caratterizzano l'area tra Caltanissetta e Pietraperzia, ai sedimenti marnosi della Formazione Terravecchia si intercalano potenti orizzonti di argille brecciate (TRVb). L'età è compresa tra il Tortoniano inferiore e il Messiniano inferiore.

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

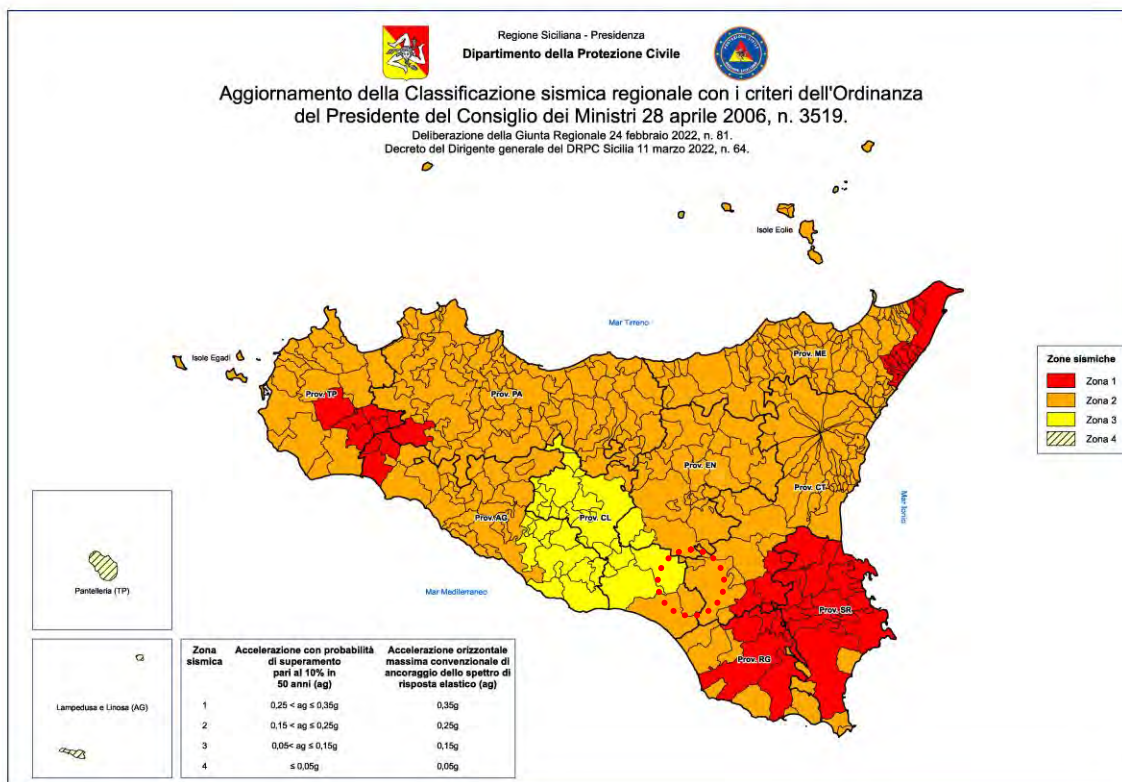
L'area interessata dalla realizzazione del parco eolico in parola presenta quote topografiche variabili che vanno da un minimo di 575 mt s.l.m. in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG7, fino ad un massimo di 829 mt s.l.m. in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG1.

Relativamente al tracciato del cavidotto e alle opere di connessione, si registrano quote comprese tra variabili da 420 a 760 mt.

La cabina utente si attesta ad una quota di circa 420 mt s.l.m.

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

L'area in oggetto è considerata prevalentemente a rischio sismico molto basso, per cui rientra in **Zona 2**.





Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 12 di 60

La tabella che segue è tratta dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15, indirizzo web: <https://emidius.mi.ingv.it>). Questo fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Di seguito si riporta la storia sismica del comune più rappresentativo in cui ricadranno parte delle opere in progetto:

COMUNE DI ENNA:

Effetti	in occasione del terremoto del				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
5	1818 02 20 18 15	Catanese	128	9-10	6.28
NF	1898 08 12	Sicilia nord-orientale	69	6-7	4.82
NF	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
5	1908 12 28 04 20 2	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1912 12 22 08 05	Stretto di Messina	56	5-6	4.68
4	1934 09 11 01 19	Sicilia centro-settentrionale	28	5-6	4.84
NF	1940 01 15 13 19 2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
NF	1953 02 25 00 07 4	Vibonese	56	5-6	4.88
5	1959 12 23 09 29	Piana di Catania	108	6-7	5.11
5	1967 10 31 21 08 0	Monti Nebrodi	60	8	5.33
4	1968 01 15 02 01 0	Valle del Belice	162	10	6.41
4-5	1976 09 17 01 23 5	Monti Nebrodi	40	5-6	4.55



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

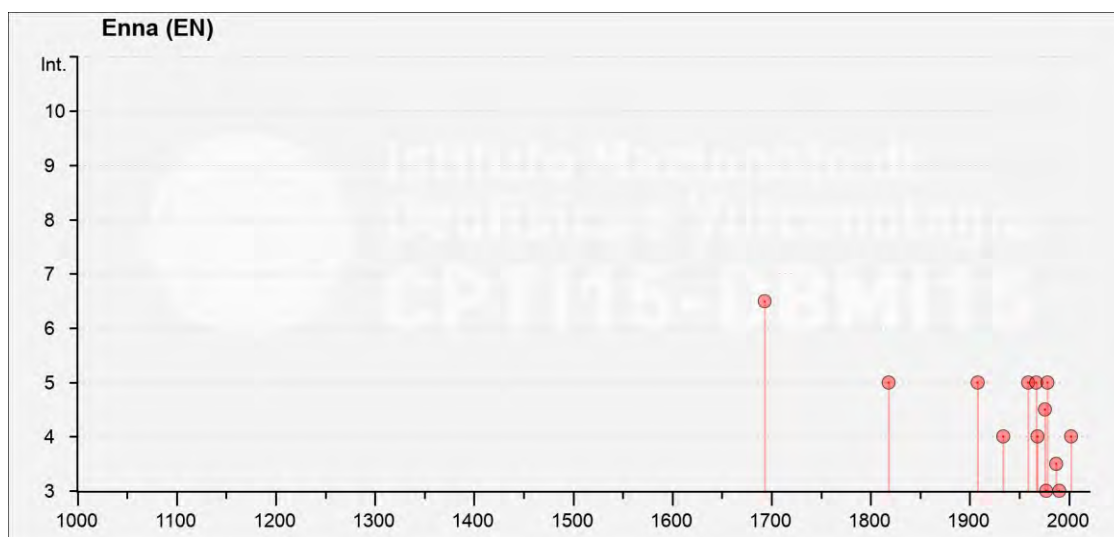
Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 13 di 60

3	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
5	1978 04 15 23 33 4	Golfo di Patti	330	8	6.03
2	1980 01 23 21	Monti Iblei	122	5-6	4.39
2-3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3-4	1987 02 02 16 08 4	Sicilia centro-orientale	22		4.44
3	1990 12 13 00 24 2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1995 04 11 12 06 5	Sicilia centrale	43	3-4	4.03
4	2002 09 06 01 21 2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Tabella dei terremoti più significativi che hanno interessato il territorio di Enna (fonte I.N.G.V.)



La proposta G.d.I. del 1998, la classificava di seconda categoria e, in seguito, con l'introduzione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, del 20 marzo 2003 (n°3274), l'area è stata riclassificata, suddividendo il territorio nazionale in zone, con grado di pericolosità sismica decrescente (3). L'Ordinanza n°3274 definì per il **Comune di Enna** i seguenti parametri:

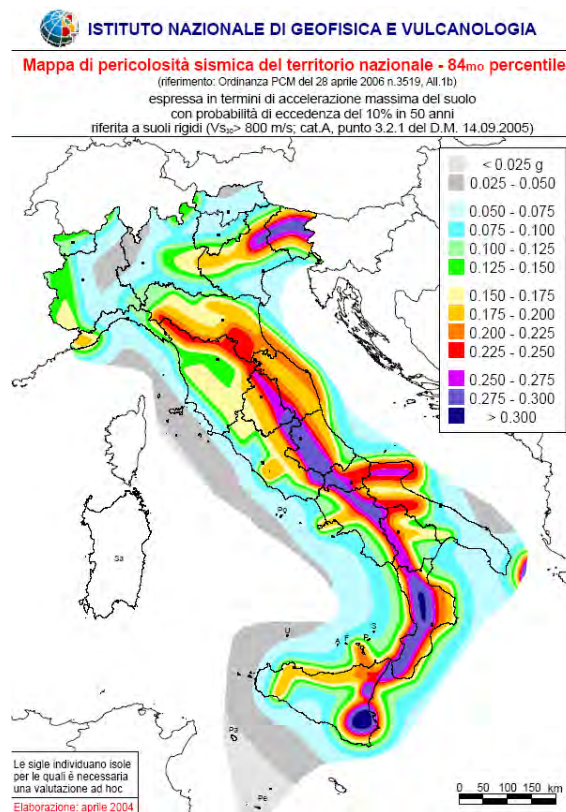
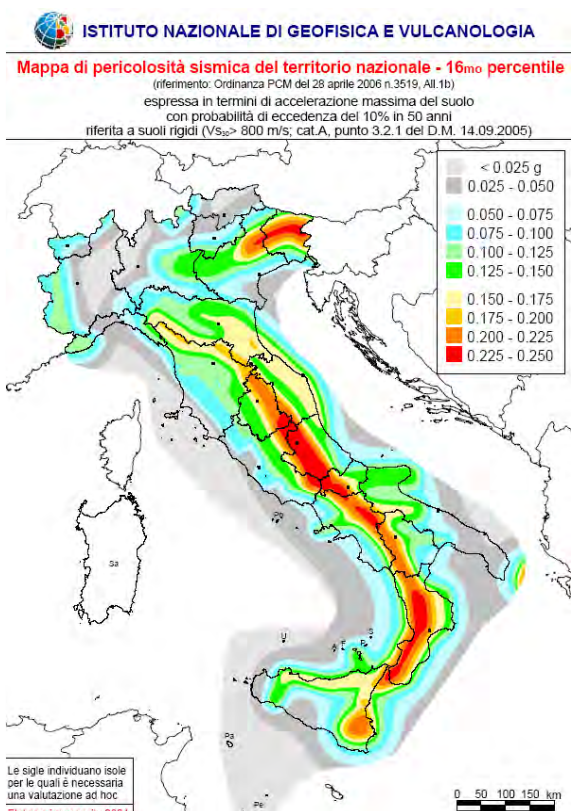
Codice ISTAT 2001	Classificazione 2003
160 86009	Zona 2

La correlazione tra le precedenti classificazioni e quella attuale è la seguente:

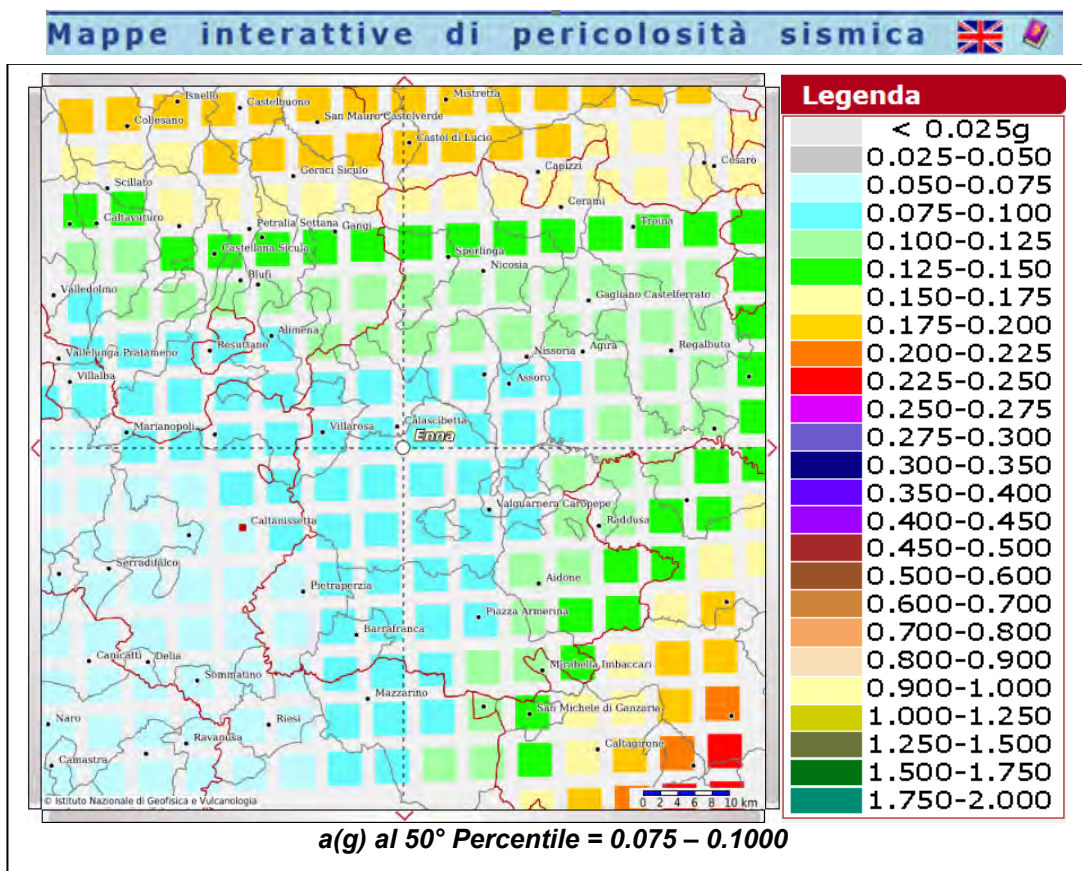
DECRETI FINO AL 1984 ⁽¹⁾	G D L 1998 ⁽²⁾	CLASSIFICAZIONE 2003 ⁽³⁾
S=12	Prima categoria	Zona 1
S=9	Seconda categoria	Zona 2
S=6	Terza categoria	Zona 3
non classificato	N.C.	Zona 4

Ai sensi delle nuove normative in tema di classificazione sismica e di applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni, si dovrà fare riferimento al D.M. 14.09.2005 ed all'Ordinanza PCM 3519H (28/04/2006), al D.M. 14/01/2008, ovvero al D.M. 17/01/2018.

Più in particolare, per l'area interessata dall'intervento, si dovranno tenere in considerazione, in fase di progettazione e di calcolo, valori dell'accelerazione sismica di riferimento compresi tra 0,075 e 0,1000.



Il D.M. 14/01/2008 ha introdotto una nuova modalità di valutazione dell'intensità dell'azione sismica da tener conto nella fase di progettazione dei fabbricati, basata non più su una mappa sismica "classica" suddivisa in categorie o zone, bensì su un reticolo di riferimento, creato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, consultabile interattivamente sul sito web dell'I.N.G.V. La grande novità consiste nel non avere più delle aree perfettamente confinate; il nuovo sistema di mappatura suddivide infatti l'intero territorio nazionale in riquadri, di lato pari a 10 km, in cui a ciascun vertice, tramite un segnale colorato, è attribuito un valore di accelerazione sismica a_g prevista sul suolo, definita come parametro dello scuotimento, da utilizzare come riferimento per la valutazione dell'effetto sismico da applicare all'opera di progetto, secondo le procedure indicate nello stesso Decreto Ministeriale.





GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna

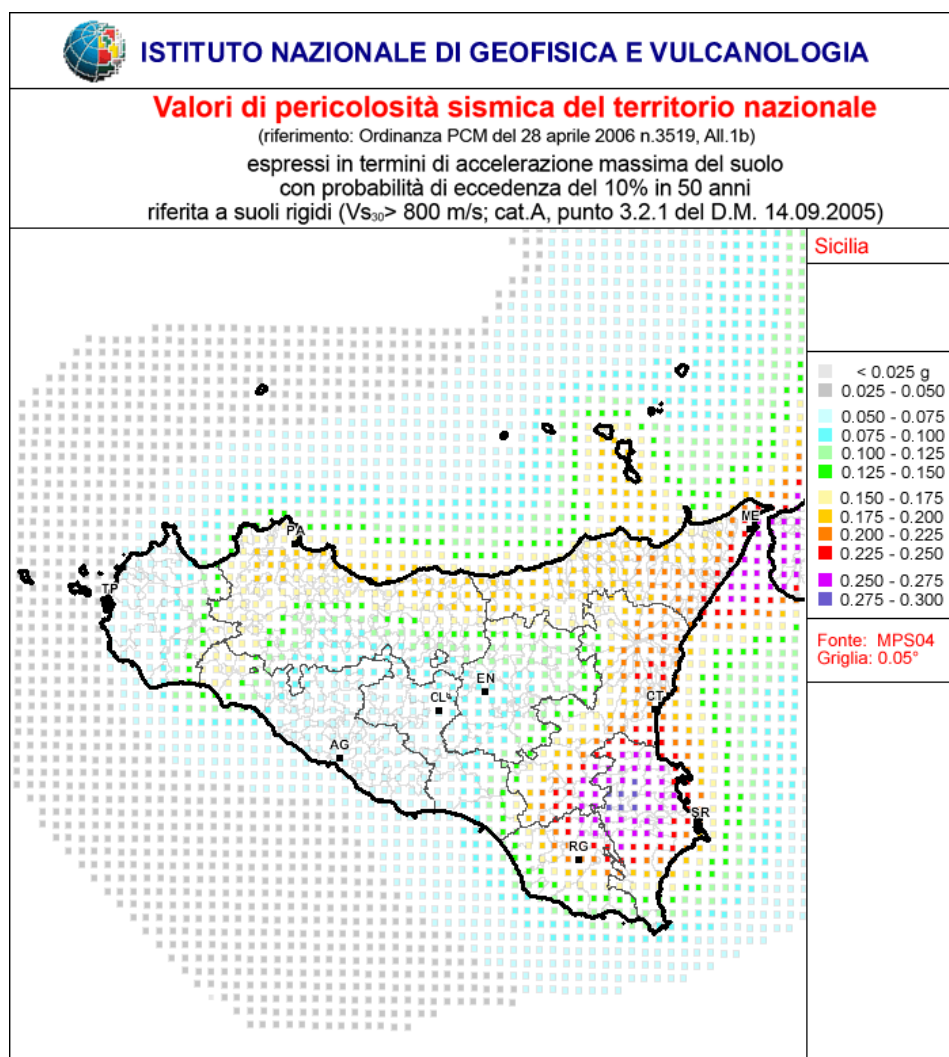
RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 16 di 60

Nell'immagine seguente è contenuta la rappresentazione sul reticolo di riferimento del particolare della Regione Sicilia.



Nella figura s'individua immediatamente la suddivisione in riquadri del territorio, i segnali colorati posti sui vertici ed i relativi intervalli di valori di ag. L'impiego del reticolo di riferimento consente una caratterizzazione sismica dei siti molto più dettagliata e particolareggiata che in passato, anche se costringe i progettisti, per la valutazione del valore di picco dell'accelerazione sismica, in primo luogo, ad accedere al reticolo tramite



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 17 di 60

le coordinate (longitudine e latitudine) del punto ove è localizzata l'opera e, soprattutto, ad eseguire le previste procedure di interpolazione, visto che è alquanto improbabile che la struttura di progetto ricada precisamente su un vertice dei quadrati costituenti il reticolo. 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), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

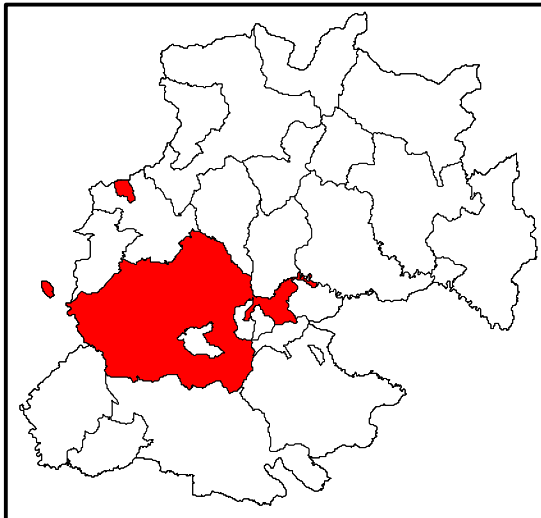
- " a_g " accelerazione orizzontale massima al sito;
- " F_o " valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- " T_{c*} " periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Sito in esame:

Data la vasta estensione dell'area oggetto di studio, essa risulta interessata da più reticoli come da figura che segue.



NODI RETICOLI



Legenda:

- AEROGENERATORI
- PROPOSTA CAVIDOTTO
- IPOTESI CABINA UTENTE
- IPOTESI AREA S.E. TERNA

RETICOLI

- Reticolo 1
- Reticolo 2
- Reticolo 3
- Reticolo 4

Sistema di coordinate: WGS 1984 UTM Zone 33N
 Proiezione: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: 15.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Unità: Meter

dott. Domenico Del Conte
geologo

Corso Giannone, 184 - 71010 Cagnano Varano (FG)
 Tel/Fax 0884.89012 - Cell. 329.7160866

Reticolo 1

latitudine: 37,472373 [°]

longitudine: 14,192007 [°]

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

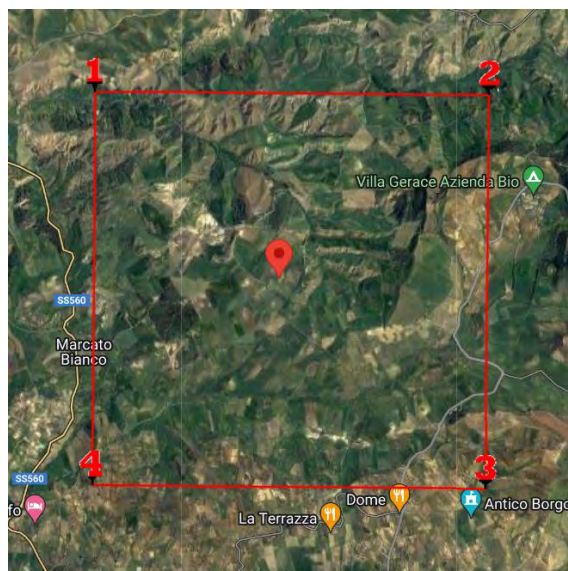
Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Nodi di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	48074	37,482790	14,181520	1482,6
Sito 2	48075	37,482370	14,244310	4747,4
Sito 3	48297	37,432380	14,243740	6374,2
Sito 4	48296	37,432800	14,180990	4506,5

(coordinate geografiche espresse in ED50)



Dettaglio del reticolo di riferimento n. 01 con individuazione del sito d'intervento



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 20 di 60

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1,0

Stato Limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,029	2,479	0,216
Danno (SLD)	63	50	0,035	2,507	0,268
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,078	2,609	0,446
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,101	2,661	0,531

Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,740	1,000	0,009	0,004	0,427	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,011	0,005	0,521	0,200
SLV	1,500	1,370	1,000	0,023	0,012	1,150	0,200
SLC	1,500	1,290	1,000	0,036	0,018	1,480	0,240

(* I valori di Ss, Cc e St possono essere variati)

Reticolo 2

latitudine: 37,458065 [°]

longitudine: 14,275831 [°]

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

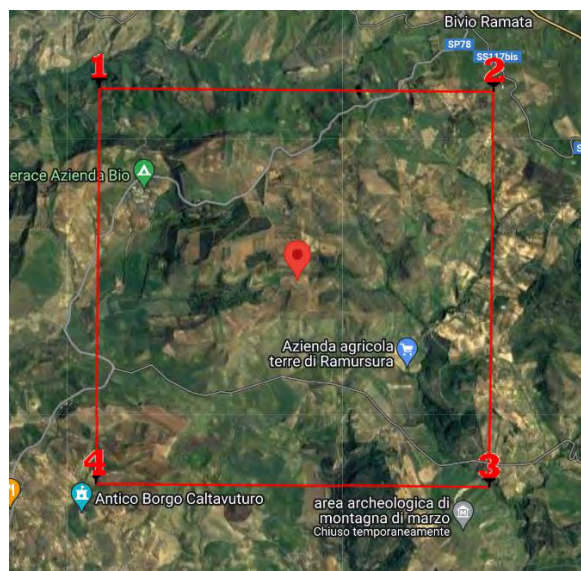
Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Nodi di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	48075	37,482370	14,244310	3878,5
Sito 2	48076	37,481920	14,307060	3825,1
Sito 3	48298	37,431920	14,306450	3969,7
Sito 4	48297	37,432380	14,243740	4022,8

(coordinate geografiche espresse in ED50)



Dettaglio del reticolo di riferimento n. 02 con individuazione del sito d'intervento

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1,0

Stato Limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,030	2,483	0,217
Danno (SLD)	63	50	0,036	2,509	0,271



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 22 di 60

Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,082	2,648	0,446
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,110	2,642	0,539

Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,740	1,000	0,009	0,005	0,442	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,011	0,005	0,537	0,200
SLV	1,500	1,370	1,000	0,025	0,012	1,212	0,200
SLC	1,500	1,290	1,000	0,040	0,020	1,623	0,240

(* I valori di Ss, Cc e St possono essere variati)

Reticolo 3

latitudine: 37,457065 [°]

longitudine: 14,337830 [°]

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

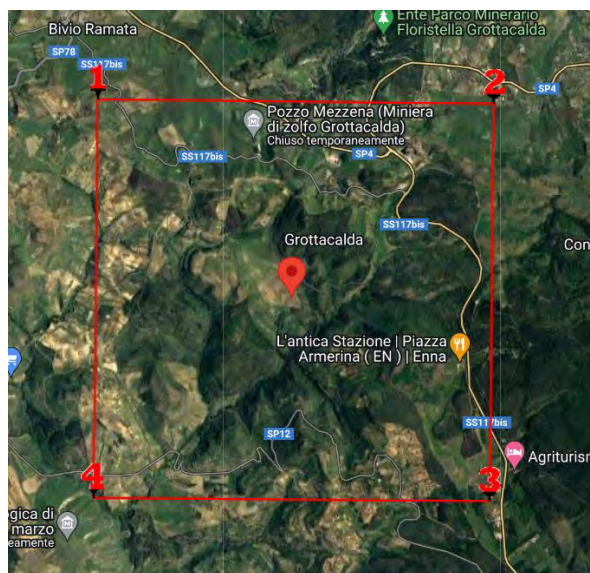
Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Nodi di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	48076	37,481920	14,307060	3874,6
Sito 2	48077	37,481430	14,369860	3915,5
Sito 3	48299	37,431430	14,369230	3976,1
Sito 4	48298	37,431920	14,306450	3936,0

(coordinate geografiche espresse in ED50)



Dettaglio del reticolo di riferimento n. 03 con individuazione del sito d'intervento

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1,0

Stato Limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,031	2,491	0,219
Danno (SLD)	63	50	0,038	2,514	0,274
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,088	2,632	0,452
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,121	2,609	0,543

Coefficienti sismici

	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,730	1,000	0,009	0,005	0,458	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,011	0,006	0,554	0,200
SLV	1,500	1,360	1,000	0,026	0,013	1,295	0,200
SLC	1,500	1,280	1,000	0,043	0,022	1,775	0,240

(* I valori di S_s , C_c e S_t possono essere variati)

Reticolo 4

latitudine: 37,558063 [°]

longitudine: 14,338831 [°]

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

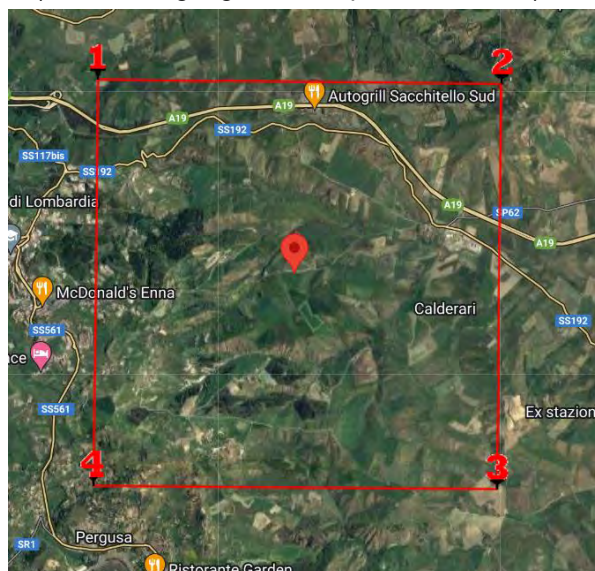
Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Nodi di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	47632	37,581920	14,308250	3781,7
Sito 2	47633	37,581420	14,371150	3854,7
Sito 3	47855	37,531420	14,370490	4070,3
Sito 4	47854	37,531920	14,307650	4000,9

(coordinate geografiche espresse in ED50)



Dettaglio del reticolo di riferimento n. 03 con individuazione del sito d'intervento



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 25 di 60

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1,0

Stato Limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,033	2,510	0,231
Danno (SLD)	63	50	0,040	2,523	0,277
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,088	2,584	0,443
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,114	2,635	0,526

Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,700	1,000	0,010	0,005	0,488	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,012	0,006	0,586	0,200
SLV	1,500	1,370	1,000	0,027	0,013	1,301	0,200
SLC	1,500	1,300	1,000	0,041	0,020	1,670	0,240

(* I valori di Ss, Cc e St possono essere variati)



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 26 di 60

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO ALL'INTERNO DEL PARCO EOLICO

La caratterizzazione sismica dell'area oggetto di studio ai sensi delle NTC 2018, finalizzata alla determinazione della categoria di sottosuolo, oltre che ai moduli elasto-dinamici, è stata eseguita mediante prospezioni sismiche a rifrazione con onde P e prospezioni Masw.

La descrizione delle indagini è riportata in allegato al presente rapporto (*"Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw"*).

Le coordinate dei siti investigati (centro degli stendimenti) sono le seguenti (Figura seguente):

MASW1 - SR1: 37° 27' 23,430" N - 14° 13' 50,120" E

MASW2 - SR2: 37° 27' 29,420" N - 14° 16' 37,140" E

MASW3 - SR3: 37° 28' 34,342" N - 14° 17' 33,659" E

MASW4 - SR4: 37° 32' 51,007" N - 14° 21' 39,013" E

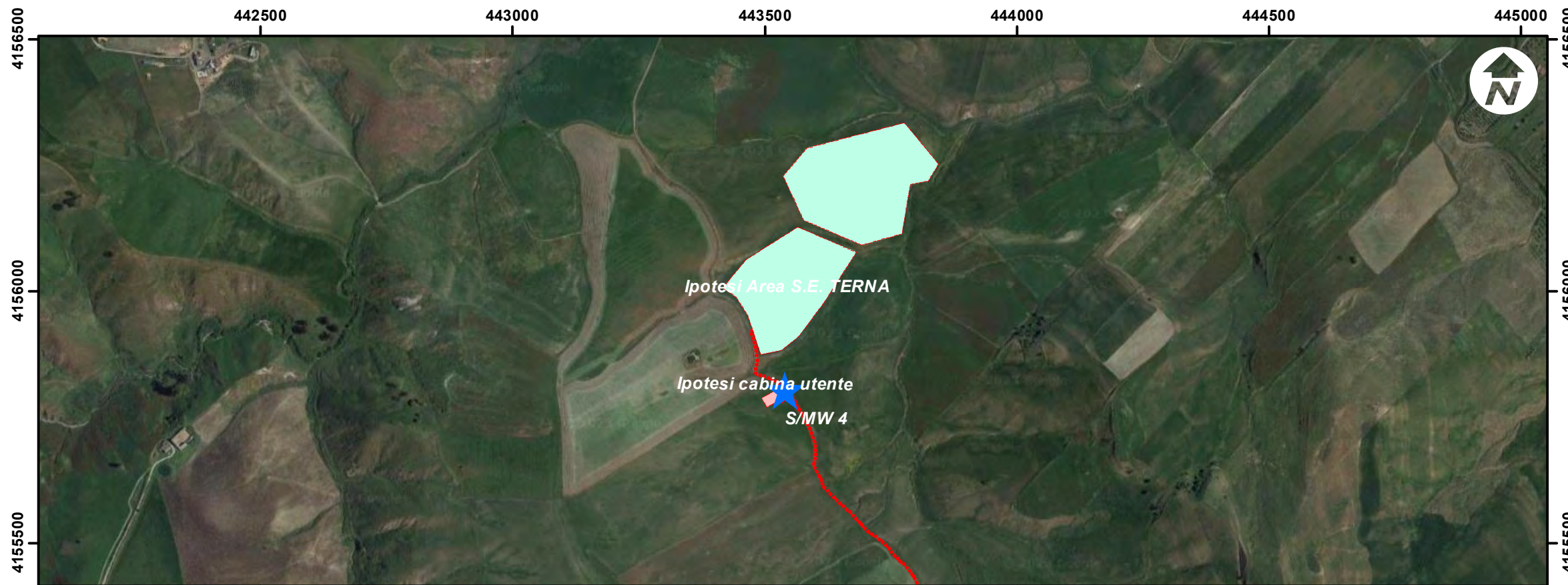
Le indagini e le conseguenti elaborazioni delle informazioni raccolte hanno consentito di classificare il suolo nelle aree di indagine:

MASW SR 1 - Vs30 = 334 m/s Vseq = 334 m/s *Categoria di suolo C*

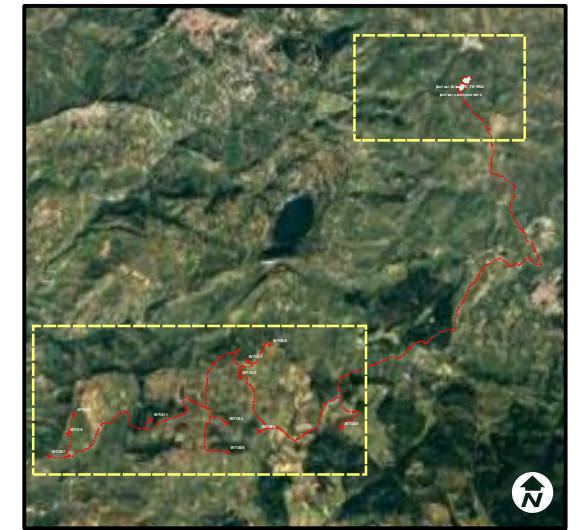
MASW SR 2 - Vs30 = 331 m/s Vseq = 331 m/s *Categoria di suolo C*






MASW SR 3 - Vs30 = 271 m/s Vseq = 271 m/s *Categoria di suolo C*

MASW SR 4 - Vs30 = 240 m/s Vseq = 240 m/s *Categoria di suolo C*

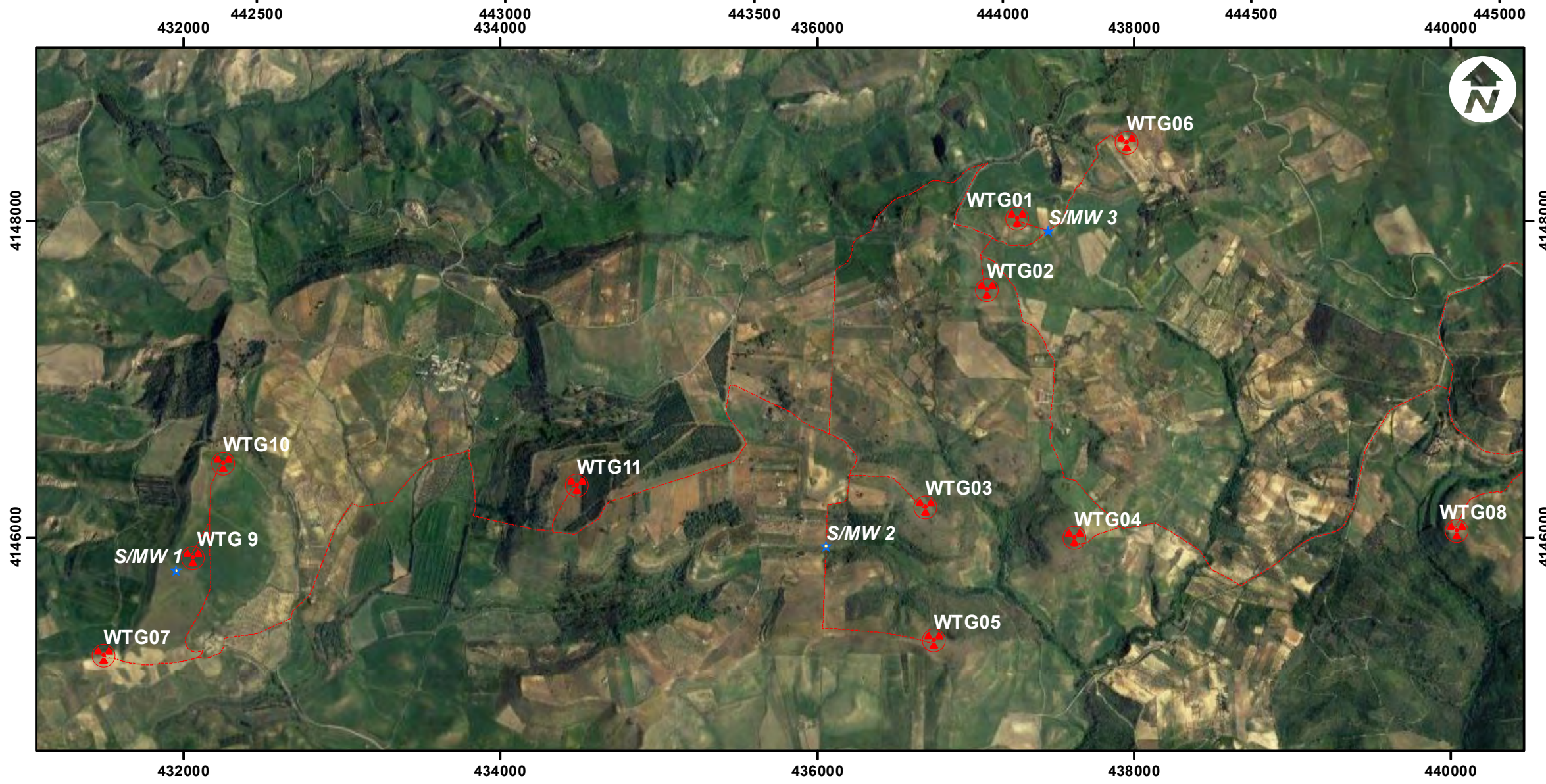


UBICAZIONE PROSPEZIONI GEOFISICHE




- Legenda:**
-  AEROGENERATORI
 -  PROPOSTA CAVIDOTTO
 -  IPOTESI CABINA UTENTE
 -  IPOTESI AREA S.E. TERNA
 -  Prospezioni geofisiche

Sistema di coordinate: WGS 1984 UTM Zone 33N
 Proiezione: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 15,0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Unità: Meter




dott. Domenico Del Conte
geologo

Corso Giannone, 184 - 71010 Cagnano Varano (FG)
 Tel/Fax 0884.89012 - Cell. 329.7160866

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 00 Gennaio 2023
		IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002
		Pagina 28 di 60

6. CAMPAGNA DI INDAGINI

Ai fini della caratterizzazione geologico-tecnica e sismostratigrafica del terreno, interessato dall'intervento, è stata condotta una campagna geofisica consistente nell'esecuzione di:

- N. 04 prospezioni Masw;
- N. 04 Prospezioni sismiche a rifrazione;
- N. 04 prove penetrometriche SCPT.

Nelle pagine seguenti si riportano i rilievi geofisici condotti, finalizzati a valutare le caratteristiche sismostratigrafiche dei terreni investigati e la categoria sismica del sottosuolo di fondazione.

Quindi, l'ubicazione delle prove penetrometriche leggere SCPT e le relative tabelle riassuntive, riportanti le principali caratteristiche geotecniche

6.1 Prospezione sismica di tipo Masw

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

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

dove


h_i = spessore dello strato i esimo;

V_{si} = 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/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 00 Gennaio 2023
		IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002
		Pagina 29 di 60

sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.


In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della loro energia.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 00 Gennaio 2023
		IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002
		Pagina 30 di 60

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia Masw risulta particolarmente indicata in ambienti con spaziature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati "lenti" al di sotto del bedrock roccioso.

Tuttavia, un limite di tale metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.


6.2 Prospezione sismica a rifrazione

La prospezione sismica considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo per la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 00 Gennaio 2023
		IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002
		Pagina 31 di 60

tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$;
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio (onde S), meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P;

quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) le velocità delle onde p, misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio.

6.3 Strumentazione utilizzata

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite con l'ausilio della seguente strumentazione: Sismografo **PASI mod. GEA24**.





Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**


RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 33 di 60

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can. + trigger (can. AUX)
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2M Ω // 22nF
Rapporto S/N	117db @1ksps
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh.Banda -3dB Largh.Banda +/- 0.1dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filtri	Passa Basso: 125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm
Peso	2 Kg

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 00 Gennaio 2023
		IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002
		Pagina 34 di 60

6.4 Modalità' di esecuzione dei rilievi: attività' di campo

Indagine sismica di tipo MASW

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per i 4 profili Masw eseguiti è stata adottata la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 22.00 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 2.50 m;
- offset di scoppio = 1.00 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;
- tempo di campionamento = 1 millisecondo.

Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" di peso pari a 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde sismiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica Masw è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico.



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 35 di 60

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di n. 04 profili con acquisizione di onde longitudinali (P), aventi entrambi la seguente configurazione spaziale e temporale:

- lunghezza stendimento = 22.00 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 2.00 m;
- End Shot A = -4.00 metri;
- Central Shot E = 11.00 metri;
- End Shot B = 26.00 metri;
- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 µsec;
- Frequenza geofoni = 10.00 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

6.5 Risultati indagine geofisica

La topografia delle superfici dei siti investigati risulta essere subpianeggiante, il rumore ambientale è risultato essere poco rilevante.

Per tutte le stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'end shot esterno al 1° geofono per l'indagine sismica a rifrazione e Masw.

6.6 Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

La fase di elaborazione si sviluppa in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 36 di 60

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.0 della Eliosoft. Le curve di dispersione ed i sismogrammi sperimentali, nonché le relative sezioni elaborate sono mostrati negli allegati, dove vengono indicate con MnA – MnB, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.

Le indagini sismiche hanno consentito di determinare le caratteristiche elastodinamiche del terreno investigato e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Di seguito si riportano le risultanze delle due prospezioni Masw eseguite.

Prospezione Masw I

L'indagine Masw, eseguita ai sensi delle NTC 2018, ha restituito un valore di $V_{s30}=355$ m/s, coincidente col valore della $V_{s,eq}$, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con $V_s>800$ m/sec) ad una profondità $H = 30.00$ m dal p.c..

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità considerate:

Valore del $V_{s30} = 355$ m/sec
Valore del $V_{s,eq} = 355$ m/sec

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	164	0.90	0.00 – 0.90
SISMOSTRATO II	256	2.60	0.90 – 3.50
SISMOSTRATO III	384	26.50	3.50 – 30.00
SISMOSTRATO IV	500	Semispazio	Semispazio
$V_{s,eq} = 355$ m/sec			

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia;	0.00 – 0.90
SISMOSTRATO II	Sabbia;	0.90 – 3.50



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 37 di 60

SISMOSTRATO III	Sabbia limosa a luoghi cementata;	3.50 – 30.00
SISMOSTRATO IV	Sabbia con migliori caratteristiche tecniche;	Semispazio

Prospezione Masw 2

L'indagine Masw, eseguita ai sensi delle NTC 2018, ha restituito un valore di $V_{s30}=354$ m/s, coincidente col valore della $V_{s,eq}$, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con $V_s > 800$ m/sec) ad una profondità $H = 30.00$ m dal p.c..

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità considerate:

Valore del $V_{s30} = 354$ m/sec
Valore del $V_{s,eq} = 354$ m/sec

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	90	0.70	0.00 – 0.70
SISMOSTRATO II	213	3.90	0.70 – 4.60
SISMOSTRATO III	320	8.20	4.60 – 12.80
SISMOSTRATO IV	520	Semispazio	Semispazio
$V_{s,eq} = 354$ m/sec			

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia;	0.00 – 0.70
SISMOSTRATO II	Sabbia;	0.70 – 4.60
SISMOSTRATO III	Sabbia limosa a luoghi cementata;	4.60 – 12.80
SISMOSTRATO IV	Sabbia con migliori caratteristiche tecniche;	Semispazio

Prospezione Masw 3

L'indagine Masw, eseguita ai sensi delle NTC 2018, ha restituito un valore di $V_{s30}=310$ m/s, coincidente col valore della $V_{s,eq}$, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito

come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con $V_s > 800$ m/sec) ad una profondità $H = 30.00$ m dal p.c..

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità considerate:

Valore del $V_{s30} = 310$ m/sec
Valore del $V_{s,eq} = 310$ m/sec

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	106	0.50	0.00 – 0.50
SISMOSTRATO II	160	3.50	0.50 – 4.00
SISMOSTRATO III	304	14.50	4.00 – 18.50
SISMOSTRATO IV	507	Semispazio	Semispazio
$V_{s,eq} = 310$ m/sec			

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia;	0.00 – 0.50
SISMOSTRATO II	Sabbia;	0.50 – 4.00
SISMOSTRATO III	Sabbia limosa a luoghi cementata;	4.00 – 18.50
SISMOSTRATO IV	Sabbia con migliori caratteristiche tecniche;	Semispazio

Prospezione Masw 4

L'indagine Masw, eseguita ai sensi delle NTC 2018, ha restituito un valore di $V_{s30} = 277$ m/s, coincidente col valore della $V_{s,eq}$, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con $V_s > 800$ m/sec) ad una profondità $H = 30.00$ m dal p.c..

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità considerate:

Valore del $V_{s30} = 277$ m/sec
Valore del $V_{s,eq} = 277$ m/sec



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 39 di 60

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	84	1.40	0.00 – 1.40
SISMOSTRATO II	141	3.10	1.40 – 4.50
SISMOSTRATO III	237	7.40	4.50 – 11.90
SISMOSTRATO IV	303	1.80	11.90 – 13.70
SISMOSTRATO V	504	Semispazio	Semispazio

$V_{s,eq} = 277 \text{ m/sec}$

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia;	0.00 – 1.40
SISMOSTRATO II	Limo sabbioso;	1.40 – 4.50
SISMOSTRATO III	Limo argilloso;	4.50 – 11.90
SISMOSTRATO IV	Argilla limosa;	11.90 – 13.70
SISMOSTRATO V	Argilla limosa con migliori caratteristiche tecniche;	Semispazio

Pur evidenziando che l'indagine MASW risente particolarmente del problema della non univocità del modello geofisico rispetto ai dati sperimentali ed è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$, più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, è stato possibile evidenziare una congruenza fra il modello ricavato dalle indagini Masw con quello determinato dall'indagine sismica a rifrazione.

6.7 Elaborazione indagine sismica a rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 40 di 60

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.

Sempre in allegato sono riportate le sezioni sismostratigrafiche interpretative, ottenute, scegliendo dei modelli a 3 strati, dove vengono indicate con SnA – SnB, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.

Di seguito si riportano le risultanze delle quattro prospezioni sismiche a rifrazione seguite.

Prospezione Sismica 1

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	368	164	0.00	0.20 – 0.90
SISMOSTRATO II	496	256	0.20 – 0.90	2.90 – 5.80
SISMOSTRATO III	1514	384	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia;
SISMOSTRATO II	Sabbia;
SISMOSTRATO III	Sabbia limosa a luoghi cementata;

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 1			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	368	496	1514



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 41 di 60

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Velocità Onde S (m/s):	164	256	384
Modulo di Poisson:	0,38	0,32	0,47
Peso di volume (KN/m ³):	16,74	16,99	19,03
Peso di volume (g/cm ³):	1,71	1,73	1,94
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	0,90	2,60	26,50
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	1289	3055	8558
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	126	300	839
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	46	114	286
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	5	11	28
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	1734	2805	41490
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	170	275	4069
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	155	368	1031
POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	47,31	46,11	36,60
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	231	426	4448
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	284	524	5467
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	2745	4350	7307
Frequenza dello strato	45,56	24,62	3,62
Periodo dello strato	0,02	0,041	0,276



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 42 di 60

B (Larghezza fondazione in m.)	1,0	1,0	1,0
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	5,27	15,35	40,61
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	51,69	150,51	398,28
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	2,64	7,67	20,31
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	25,85	75,26	199,14

Prospezione Sismica 2

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	307	90	0.00	0.20 – 1.20
SISMOSTRATO II	435	213	0.20 – 1.20	3.90 – 5.60
SISMOSTRATO III	801	320	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia;
SISMOSTRATO II	Sabbia;
SISMOSTRATO III	Sabbia limosa a luoghi cementata;

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 2			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	307	435	801



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 43 di 60

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Velocità Onde S (m/s):	90	213	320
Modulo di Poisson:	0,45	0,34	0,41
Peso di volume (KN/m ³):	16,61	16,87	17,60
Peso di volume (g/cm ³):	1,69	1,72	1,79

SPESSORE MEDIO STRATO (m)	0,70	3,90	8,20
----------------------------------	-------------	-------------	-------------

MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	407	2138	5270
---	-----	------	------

MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	40	210	517
---	----	-----	-----

MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	14	78	184
--	----	----	-----

MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	1	8	18
--	---	---	----

MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	1443	2260	9250
---	------	------	------

MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	141	222	907
--	-----	-----	-----

MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	49	257	635
---	----	-----	-----

POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	47,88	46,68	43,26
--	-------	-------	-------

MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	160	326	1152
--	-----	-----	------

MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	196	400	1416
--	-----	-----	------

RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	1495	3593	5633
--	------	------	------

Frequenza dello strato	32,14	13,65	9,76
------------------------	-------	-------	------

Periodo dello strato	0,03	0,073	0,103
----------------------	------	-------	-------



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 44 di 60

B (Larghezza fondazione in m.)	1,0	1,0	1,0
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	1,25	9,87	26,22
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	12,25	96,81	257,13
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	0,62	4,94	13,11
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	6,12	48,40	128,56

Prospezione Sismica 3

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	318	106	0.00	0.20 – 1.10
SISMOSTRATO II	370	160	0.20 – 1.10	3.00 – 4.70
SISMOSTRATO III	963	304	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia;
SISMOSTRATO II	Sabbia;
SISMOSTRATO III	Sabbia limosa a luoghi cementata;

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 3			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	318	370	963
Velocità Onde S (m/s):	106	160	304



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 45 di 60

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Modulo di Poisson:	0,44	0,38	0,44
Peso di volume (KN/m ³):	16,64	16,74	17,93
Peso di volume (g/cm ³):	1,70	1,71	1,83
SPESORE MEDIO STRATO (m)	0,50	3,50	14,50
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	559	1235	4980
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	55	121	488
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	19	44	169
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	2	4	17
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	1491	1790	14999
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	146	176	1471
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	67	149	600
POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	47,78	47,29	41,75
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	172	234	1695
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	211	287	2084
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	1763	2678	5450
Frequenza dello strato	53,00	11,43	5,24
Periodo dello strato	0,02	0,088	0,191
B (Larghezza fondazione in m.)	1,0	1,0	1,0



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 46 di 60

Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm³)	1,85	4,97	23,18
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm³)	18,14	48,72	227,35
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm³)	0,92	2,48	11,59
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm³)	9,07	24,36	113,67

Prospezione Sismica 4

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	304	84	0.00	0.20 – 1.90
SISMOSTRATO II	531	141	0.20 – 1.90	3.10 – 4.60
SISMOSTRATO III	1411	237	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente sabbia limosa;
SISMOSTRATO II	Limo sabbioso;
SISMOSTRATO III	Limo argilloso;

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 4			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	304	531	1411
Velocità Onde S (m/s):	84	141	237
Modulo di Poisson:	0,46	0,46	0,49



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
 sito nel Comune di Enna**

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 47 di 60

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Peso di volume (KN/m ³):	16,61	17,06	18,82
Peso di volume (g/cm ³):	1,69	1,74	1,92
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1,40	3,10	7,40
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	356	1032	3268
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	35	101	320
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	12	35	108
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	1	3	11
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	1434	4535	37524
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	141	445	3680
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	43	124	394
POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	47,91	45,79	37,56
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	157	491	3821
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	192	603	4696
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	1395	2406	4461
Frequenza dello strato	15,00	11,37	8,01
Periodo dello strato	0,07	0,088	0,125
B (Larghezza fondazione in m.)	1,0	1,0	1,0
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	1,06	3,67	12,75



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 48 di 60

Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm³)	10,38	35,97	125,08
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm³)	0,53	1,83	6,38
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm³)	5,19	17,98	62,54

Moduli Elastici Dinamici

- **Rapporto V_p / V_s** - Questo parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei mezzi porosi. Alcuni Autori (Gardner & Harris, 1968) affermano che rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie saturate non consolidate; alti rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argillo-limosi ad alto grado di saturazione. Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturati. In rocce saturate tale rapporto risulta dipendente dalla litologia, dalla quantità e geometria dei pori e dalle microfratture e potrebbe, nota la litologia, fornire indicazioni su questi ultimi due parametri.
- **Coefficiente di Poisson Dinamico** - Tra i moduli elastici dinamici tale parametro è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione. E' definito dalla seguente equazione:

$$\nu = 0.5 \cdot \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{(V_p / V_s)^2 - 1}$$

Sebbene in teoria sia considerato stress indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei mezzi porosi risulta stress dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare secondo GREGORY (1976) a valori negativi. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

- **Modulo di Taglio Dinamico** - E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

dove γ = densità



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 49 di 60

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei mezzi porosi è molto esteso.

- **Modulo di Young Dinamico** - E' definito dalla seguente equazione:

$$E = (9 \gamma \cdot Vs^2 \cdot R2^2) / (3R2^2 + 1)$$

dove:

γ = densità

$$R2^2 = K / (\gamma \cdot Vs^2)$$

$$K = \gamma \cdot (Vp^2 - 4/3 Vs^2)$$

Tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua, diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento.

I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità.

Il campo di variabilità è considerevole.

- **Modulo di Incompressibilità** - Esso è definito rispetto alle Vp , Vs e densità dalla seguente equazione:

$$K = \gamma \cdot (Vp^2 - 4/3 Vs^2)$$

dove:

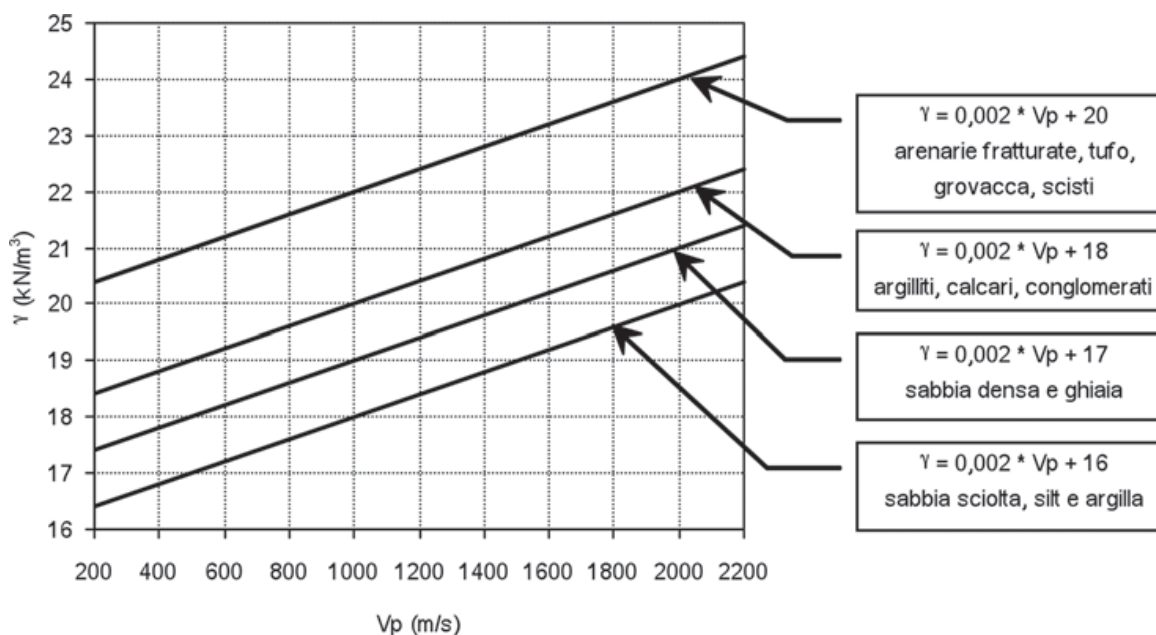
γ = densità

Questo Modulo varia con la porosità, con la pressione e con la quantità di fluido saturante. Esso aumenta con il grado di saturazione con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione. Nelle rocce sedimentarie varia di oltre 30 volte.

- **Peso di volume** - ricavato dalla relazione empirica di Tezcan et al. (2009) che lega tale parametro alla velocità di propagazione delle onde P, tenendo conto del tipo di terreno:

$$\gamma = \gamma_0 + 0,002 \cdot Vp$$

Tipo di terreno	Sabbie sciolte, silt e argilla	Sabbie dense e ghiaie	Marne, argilliti e conglomerati	Arenarie fratturate, tufi, scisti	Rocce dure
γ_o (kN/m ³)	16	17	18	20	24



dove γ è la densità espressa in kN/m³ e V è la velocità delle onde di tipo P (longitudinali o di pressione) espressa in m/s.

➤ **Rigidità sismica (R):**

$$R = \gamma \cdot Vs \text{ (KN/m}^2\text{·sec)}$$

dove γ è la densità espressa in kg/m³ e V è la velocità delle onde di tipo S (trasversali o di taglio) espressa in m/s.

E' un parametro strettamente legato alla amplificazione sismica locale: infatti l'incidenza dei danni tende a diminuire all'aumentare della rigidità sismica.

6.8 Prove Penetrometriche Scpt

La prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica, di dimensioni standard, posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste.

L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso (30 kg). La resistenza del terreno è funzione diretta del numero di colpi per una data penetrazione ed inversa della penetrazione per ciascun colpo. Pertanto, l'andamento del numero di colpi con la profondità consente sia il riconoscimento della litologia del sottosuolo investigato, sia la caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati.

Nel caso in esame, sono state eseguite 4 (quattro) prove (PP1, PP2, PP3, PP4), ubicate come nella figura riportata negli allegati a corredo del presente rapporto.

Dall'attuale piano di calpestio, si rinviene per ogni sondaggio eseguito la seguente stratigrafia:

PP1	Profondità (da-a)	Litologia	Φ (°)	γ (kN/m ³)	E_d (KN/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -1.00 m	Terreno vegetale	22.01	15.69	4113.88
strato 2	-1.00 m ÷ -1.60 m	Sabbia limosa	26.30	16.18	7137.28
-	Rifiuto	-	-	-	-

PP2	Profondità (da-a)	Litologia	Φ (°)	γ (kN/m ³)	E_d (Kg/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -1.00 m	Terreno vegetale	21.27	15.69	3585.31
strato 2	-1.00 m ÷ -2.80 m	Sabbia limosa	27.66	16.38	8093.43
-	Rifiuto	-	-	-	-

PP3	Profondità (da-a)	Litologia	Φ (°)	γ (kN/m ³)	E_d (KN/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -1.00 m	Terreno vegetale	20.74	15.49	3217.56
strato 2	-1.00 m ÷ -4.20 m	Limo sabbioso	23.20	16.57	4949.42
strato 3	-4.20 m ÷ -8.00 m	Sabbia deb. cementata	27.02	17.06	7642.32
-	Rifiuto	-	-	-	-



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 52 di 60

PP4	Profondità (da-a)	Litologia	Cu (KN/m ²)	γ (kN/m ³)	E _d (KN/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -0.90 m	Terreno vegetale	29.41	15.59	1070.89
strato 2	-0.90 m ÷ -3.70 m	Limo argilloso	47.07	16.57	1709.30
strato 3	-3.70 m ÷ -6.50 m	Argilla	178.48	20.20	6533.19
-	Rifiuto	-	-	-	-

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati è stata eseguita l'elaborazione computerizzata dei dati ottenuti in campagna utilizzando sperimentate correlazioni tra la resistenza penetrometrica ed i parametri geomeccanici del terreno.

Sarà comunque cura della D.L. di verificare in fase esecutiva che il sedime di fondazione sia litologicamente omogeneo. Tale accortezza limiterà la possibilità che si possano manifestare cedimenti di tipo differenziale.

7. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI AFFIORANTI

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di imposta delle fondazioni delle turbine e della SSE è stata determinata dalle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche eseguite, attraverso l'analisi di relazioni geologiche e geotecniche allegate ai progetti urbanistici ed edilizi realizzate nel territorio in considerazione delle finalità del presente studio.

È inoltre importante sottolineare che, per via degli ambienti deposizionali stessi, i materiali in esame possono essere caratterizzati da importanti variazioni laterali litotecniche, che saranno verificate puntualmente a seguito di specifiche indagini in sito in fase di progettazione esecutiva.

A ciascuna delle unità litotecniche sono stati attribuiti i valori delle proprietà fisico-meccaniche che meglio ne descrivono il comportamento globale. In funzione di quanto acquisito nel corso dello studio, di seguito verrà eseguita una parametrizzazione



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 53 di 60

geomeccanica "media" dei litotipi presenti al fine di fornire i parametri geotecnici per le singole unità litotecniche individuate.

UNITA' LITOTECNICA 1 costituita dai depositi coesivi sia profondi che superficiali, caratterizzati da comportamento coesivo.

Le forze in gioco sono dovute all'attrazione elettrostatica tra gli elementi lamellari costituenti il materiale argilloso; all'aumentare del contenuto d'acqua e, quindi, della pressione interstiziale o neutrale, la struttura flocculare diviene instabile e pertanto si riduce sensibilmente la compattezza della massa pelitica, che assume un comportamento plastico, fino a fluidoviscoso.

Caratteristiche granulometriche	Parametri Geotecnici			
	Peso di Volume γ (KN/m ³)	Angolo di attrito ϕ (°)	Coesione non drenata Cu (KPa)	Coesione drenata C' (KPa)
Depositi coesivi, caratterizzati dalla presenza di limo e argilla	16.0 – 18.5	-	5 - 30	0,0

In termini di velocità delle onde di taglio S, il range di variazione è molto ampio da 180 m/s a 237 m /s in funzione dello spessore del deposito e dalla consistenza (Categorie suolo di fondazione: C o D).

UNITA' LITOTECNICA 2 costituita da terreni granulari. In tale categoria sono classificabili le sabbie ed i materiali clastici fino alle ghiaie, contraddistinti da reazioni agli sforzi di taglio imputabili essenzialmente alla resistenza per attrito interno, ossia alle forze di attrito che si generano in corrispondenza delle superfici di contatto tra i granuli.

Caratteristiche granulometriche	Parametri Geotecnici			
	Peso di Volume γ	Angolo di attrito ϕ	Coesione non drenata Cu	Coesione drenata C'



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 54 di 60

	(KN/m ³)	(°)	(KPa)	(KPa)
Depositi granulari caratterizzati dalla presenza di sabbia e ghiaia	15.5 – 17.5	25 - 30	0	0,0

In termini di velocità delle onde di taglio S, il range di variazione è molto ampio da 180 m/s a 384 m /s in funzione dello spessore del deposito e dalla consistenza (Categorie suolo di fondazione: B, C).



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 55 di 60

8. CONCLUSIONI

Il presente rapporto è stato redatto a supporto de': *Progetto per la realizzazione di un parco eolico denominato "Selva Wind" sito nel comune di Enna (EN).*

Le indagini eseguite, volte alla determinazione di alcune proprietà fisiche del sottosuolo sono consistite in:

- n. 04 prospezioni sismiche con tecnica MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves);
- n. 04 prospezioni sismiche a rifrazione;
- n. 04 prove penetrometriche Scpt.

Le analisi dei risultati ottenuti, sintetizzati nelle tabelle innanzi riportate, ha evidenziato per i profili eseguiti quanto segue:

PROSPEZIONI GEOFISICHE

Profilo 1

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 0.20 a 0.90 m, caratterizzati dalle seguenti velocità: $V_p=368$ m/sec e $V_s=164$ m/sec.

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=496$ m/sec e $V_s=256$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 2.90 a 5.80 m.

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifratore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=1514$ m/sec e $V_s=384$ m/sec.

Dalla correlazione delle proprietà fisico-dinamiche riscontrate con i risultati litostratigrafici dei sondaggi meccanici eseguiti nell'area oggetto d'indagine, si deduce quanto segue:

Il **primo sismostrato** ($V_p=368$ m/sec e $V_s=164$ m/sec) è riferibile a **Terreno agrario, inferiormente sabbia;**

Il **secondo sismostrato** ($V_p=496$ m/sec e $V_s=256$ m/sec) è riferibile a **Sabbia;**

Il **terzo sismostrato** ($V_p=1514$ m/sec e $V_s=384$ m/sec) è riferibile a **Sabbia limosa a luoghi cementata;**



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 56 di 60

Profilo 2

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 0.20 a 1.20 m, caratterizzati dalle seguenti velocità: $V_p=307$ m/sec e $V_s=90$ m/sec.

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=435$ m/sec e $V_s=213$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 3.90 a 5.60 m.

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifrattore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=801$ m/sec e $V_s=320$ m/sec.

Dalla correlazione delle proprietà fisico-dinamiche riscontrate con i risultati litostratigrafici dei sondaggi meccanici eseguiti nell'area oggetto d'indagine, si deduce quanto segue:

Il **primo sismostrato** ($V_p=307$ m/sec e $V_s=90$ m/sec) è riferibile a **Terreno agrario, inferiormente sabbia;**

Il **secondo sismostrato** ($V_p=435$ m/sec e $V_s=213$ m/sec) è riferibile a **Sabbia;**

Il **terzo sismostrato** ($V_p=801$ m/sec e $V_s=320$ m/sec) è riferibile a **Sabbia limosa a luoghi cementata;**

Profilo 3

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 0.20 a 1.10 m, caratterizzati dalle seguenti velocità: $V_p=318$ m/sec e $V_s=106$ m/sec.

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=370$ m/sec e $V_s=160$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 3.00 a 4.70 m.

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifrattore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=963$ m/sec e $V_s=304$ m/sec.

Dalla correlazione delle proprietà fisico-dinamiche riscontrate con i risultati litostratigrafici dei sondaggi meccanici eseguiti nell'area oggetto d'indagine, si deduce quanto segue:

Il **primo sismostrato** ($V_p=318$ m/sec e $V_s=106$ m/sec) è riferibile a **Terreno agrario, inferiormente sabbia;**

Il **secondo sismostrato** ($V_p=370$ m/sec e $V_s=160$ m/sec) è riferibile a **Sabbia;**



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 57 di 60

Il terzo sismostrato ($V_p=963$ m/sec e $V_s=304$ m/sec) è riferibile a **Sabbia limosa a luoghi cementata;**

Profilo 4

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 0.20 a 1.90 m, caratterizzati dalle seguenti velocità: $V_p=304$ m/sec e $V_s=84$ m/sec.

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=531$ m/sec e $V_s=141$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 3.10 a 4.60 m.

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifrattore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=1411$ m/sec e $V_s=237$ m/sec.

Dalla correlazione delle proprietà fisico-dinamiche riscontrate con i risultati litostratigrafici dei sondaggi meccanici eseguiti nell'area oggetto d'indagine, si deduce quanto segue:

Il primo sismostrato ($V_p=304$ m/sec e $V_s=84$ m/sec) è riferibile a **Terreno agrario, inferiormente sabbia limosa;**

Il secondo sismostrato ($V_p=531$ m/sec e $V_s=141$ m/sec) è riferibile a **Limo sabbioso;**

Il terzo sismostrato ($V_p=1411$ m/sec e $V_s=237$ m/sec) è riferibile a **Limo argilloso;**

Nei casi innanzi esaminati, l'andamento della velocità, aumenta con la profondità. Tuttavia si deve tenere presente che qualunque tecnica di geofisica applicata, ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, della strumentazione adottata e di problematiche incontrate durante l'indagine, che solo l'operatore è in grado di quantificare in modo ottimale. La risoluzione del metodo non consente *precisioni in termini di spessore inferiori al metro* e i valori di velocità sono da intendersi come velocità medie all'interno di ciascuna unità geofisica individuata.

Le indagini sismiche eseguite, hanno consentito di determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei terreni investigati e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Le VS equivalenti calcolate, per le tre prospezioni Masw eseguite, riferite al p.c., sono risultate essere, pari a:

Prospezione Masw 1 - V_s , eq = 355 m /s (Classe C)

Prospezione Masw 2 - Vs, eq = 354 m /s (Classe C)
Prospezione Masw 3 - Vs, eq = 310 m /s (Classe C)
Prospezione Masw 2 - Vs, eq = 277 m /s (Classe C)

PROVE PENETROMETRICHE

Dall'attuale piano di calpestio, si rinviene per ogni sondaggio eseguito la seguente stratigrafia:

PP1	Profondità (da-a)	Litologia	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	E _d (KN/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -1.00 m	Terreno vegetale	22.01	15.69	4113.88
strato 2	-1.00 m ÷ -1.60 m	Sabbia limosa	26.30	16.18	7137.28
-	Rifiuto	-	-	-	-

PP2	Profondità (da-a)	Litologia	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	E _d (Kg/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -1.00 m	Terreno vegetale	21.27	15.69	3585.31
strato 2	-1.00 m ÷ -2.80 m	Sabbia limosa	27.66	16.38	8093.43
-	Rifiuto	-	-	-	-

PP3	Profondità (da-a)	Litologia	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	E _d (KN/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -1.00 m	Terreno vegetale	20.74	15.49	3217.56
strato 2	-1.00 m ÷ -4.20 m	Limo sabbioso	23.20	16.57	4949.42
strato 3	-4.20 m ÷ -8.00 m	Sabbia deb. cementata	27.02	17.06	7642.32
-	Rifiuto	-	-	-	-

PP4	Profondità (da-a)	Litologia	C _u (KN/m ²)	γ (kN/m ³)	E _d (KN/m ²)
strato 1	0.00 m ÷ -0.90 m	Terreno vegetale	29.41	15.59	1070.89



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

Pagina 59 di 60

strato 2	-0.90 m ÷ -3.70 m	Limo argilloso	47.07	16.57	1709.30
strato 3	-3.70 m ÷ -6.50 m	Argilla	178.48	20.20	6533.19
-	Rifiuto	-	-	-	-

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di imposta delle fondazioni delle turbine e della SSE è stata determinata dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, attraverso l'analisi di relazioni geologiche e geotecniche allegate ai progetti urbanistici ed edilizi realizzate nel territorio in considerazione delle finalità del presente studio.

È inoltre importante sottolineare che, per via degli ambienti deposizionali stessi, i materiali in esame possono essere caratterizzati da importanti variazioni laterali litotecniche, che saranno verificate puntualmente a seguito di specifiche indagini in sito in fase di progettazione esecutiva.

Sarà comunque cura della D.L. di verificare in fase esecutiva che il sedime di fondazione sia litologicamente omogeneo. Tale accortezza limiterà la possibilità che si possano manifestare cedimenti di tipo differenziale.

Cagnano Varano, Gennaio 2023

IL TECNICO



Domenico Del Conte

Geol. Domenico DEL CONTE



Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**Parco Eolico Selva Wind
sito nel Comune di Enna**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

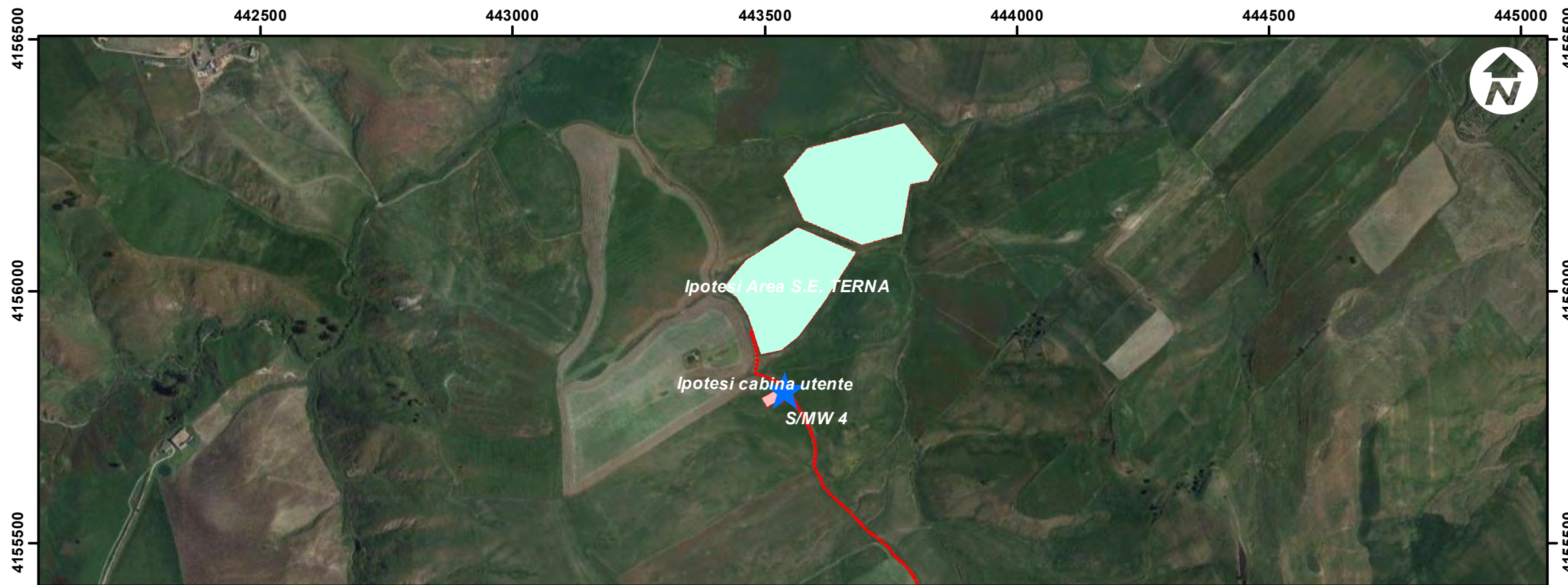
Rev. 00 Gennaio 2023

IT-VesSEL-BFP-GEO-TR-002

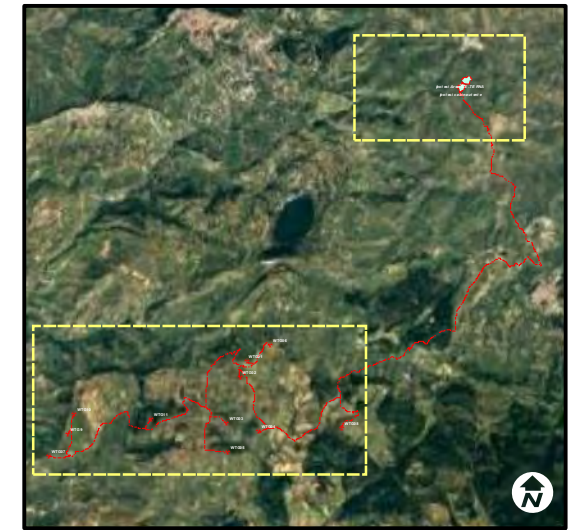
Pagina 60 di 60

ALLEGATI






- Ubicazione Prospezioni geofisiche;
- Dromocrone Onde P;
- Sezioni Sismostratigrafiche;
- Prospezioni Masw;
- Ubicazione Prove penetrometriche;
- Prove penetrometriche SCPT;
- Documentazione fotografica.



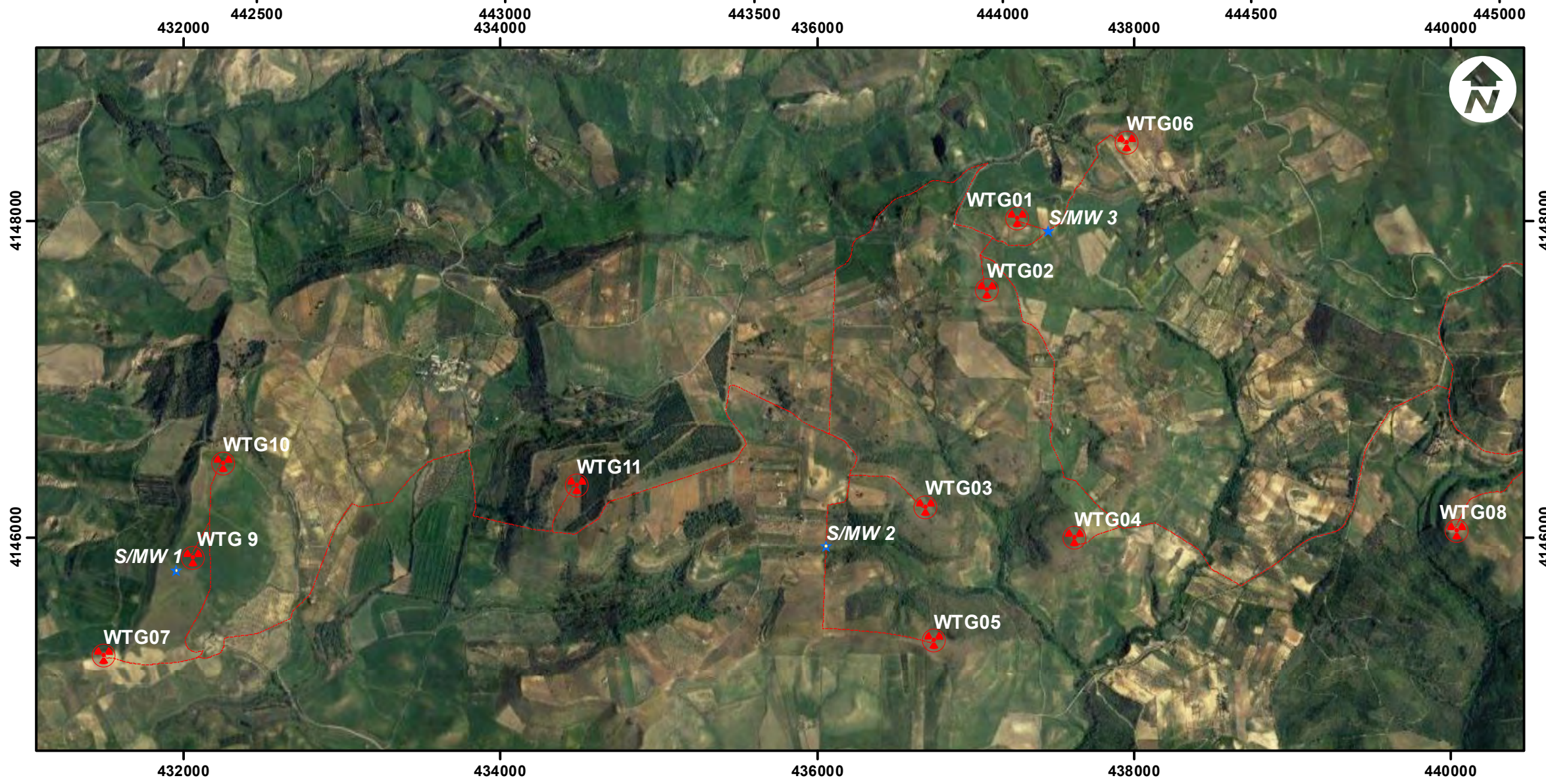
UBICAZIONE PROSPEZIONI GEOFISICHE



Legenda:

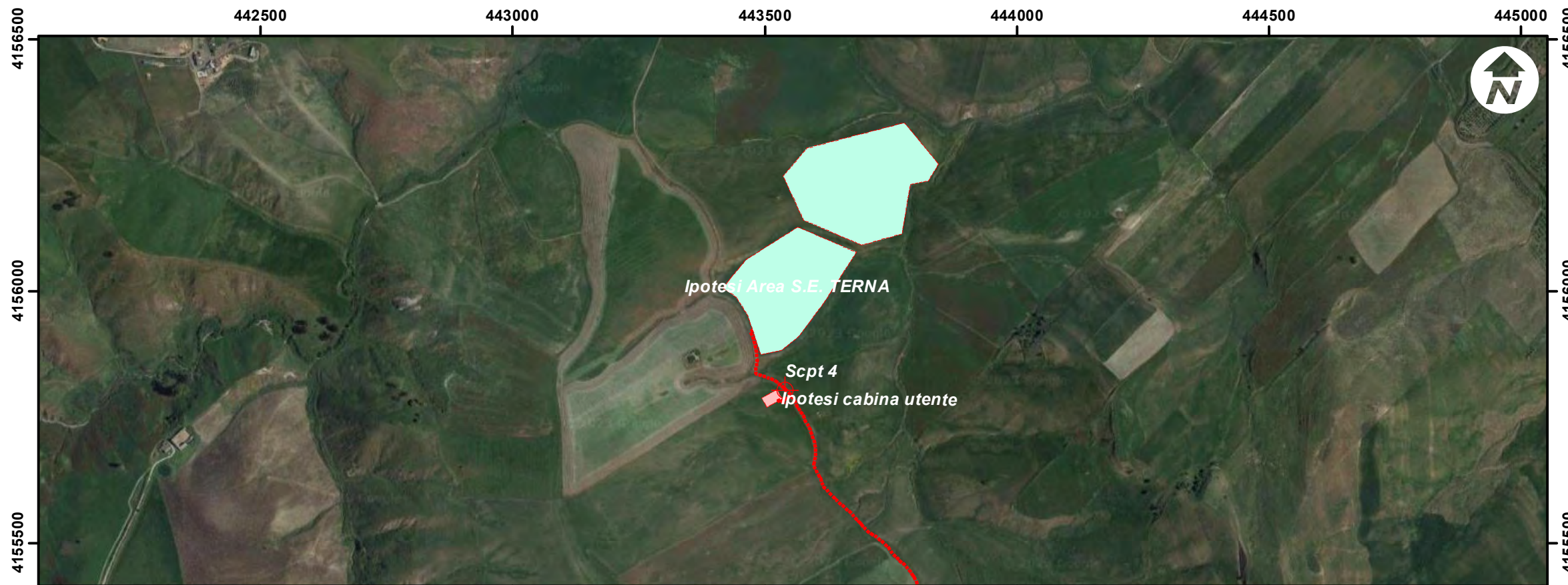
-  AEROGENERATORI
-  PROPOSTA CAVIDOTTO
-  IPOTESI CABINA UTENTE
-  IPOTESI AREA S.E. TERNA
-  Prospezioni geofisiche

Sistema di coordinate: WGS 1984 UTM Zone 33N
 Proiezione: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 15,0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Unità: Meter

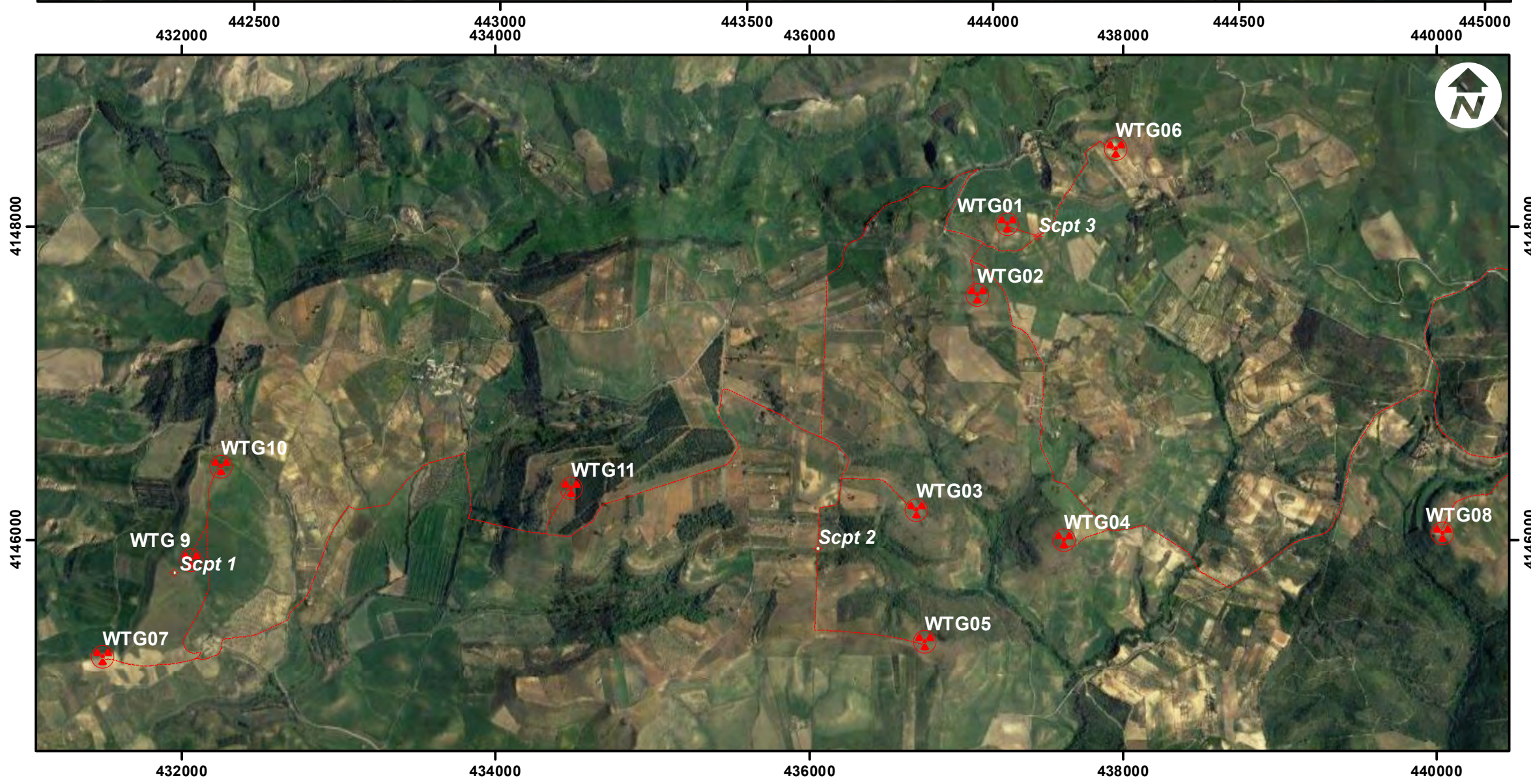
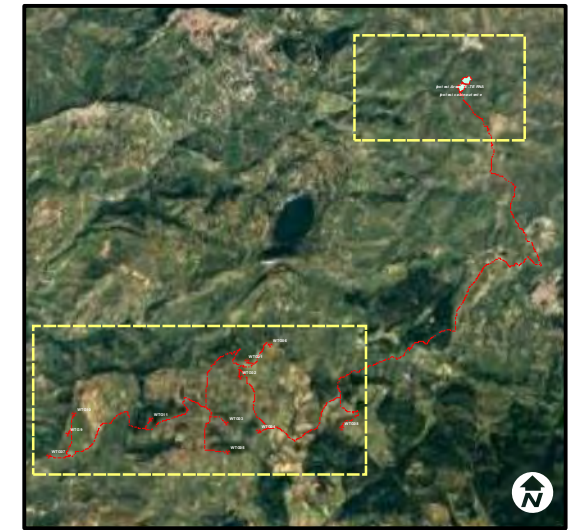



dott. Domenico Del Conte
geologo






Corso Giannone, 184 - 71010 Cagnano Varano (FG)
 Tel/Fax 0884.89012 - Cell. 329.7160866



UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



Legenda:

-  AEROGENERATORI
-  PROPOSTA CAVIDOTTO
-  IPOTESI CABINA UTENTE
-  IPOTESI AREA S.E. TERNA
-  Prove penetrometriche

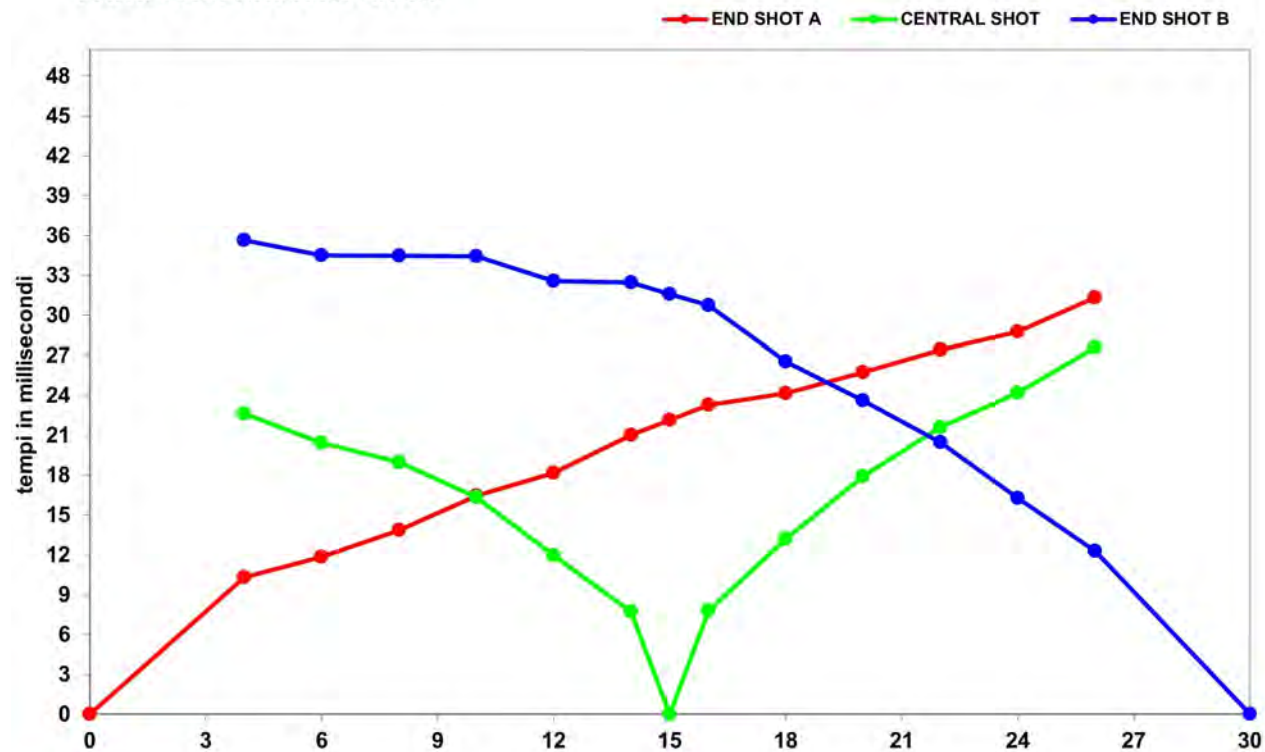
Sistema di coordinate: WGS 1984 UTM Zone 33N
 Proiezione: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 15,0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Unità: Meter



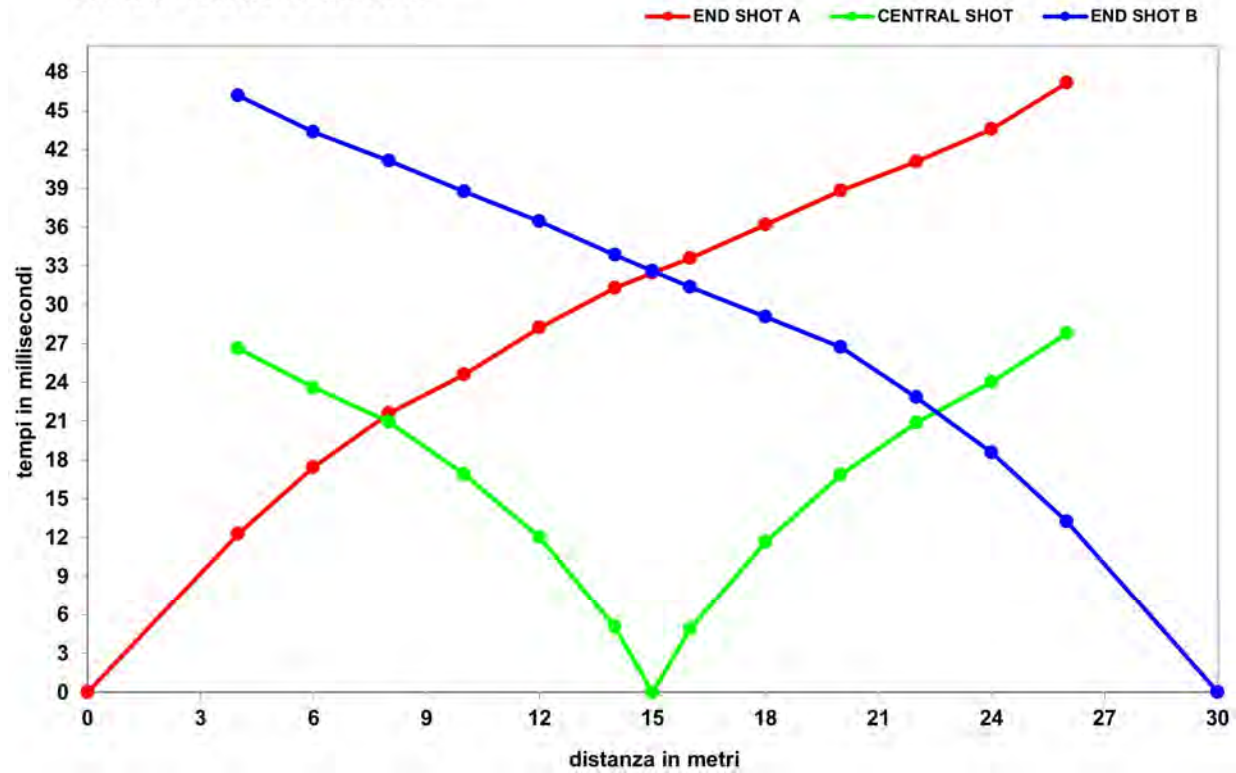
dott. Domenico Del Conte
geologo

Corso Giannone, 184 - 71010 Cagnano Varano (FG)
 Tel/Fax 0884.89012 - Cell. 329.7160866

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 1
Dromocrone onde longitudinali (P)
"PARCO EOLICO WTG ENNA"



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2
Dromocrone onde longitudinali (P)
"PARCO EOLICO WTG ENNA"



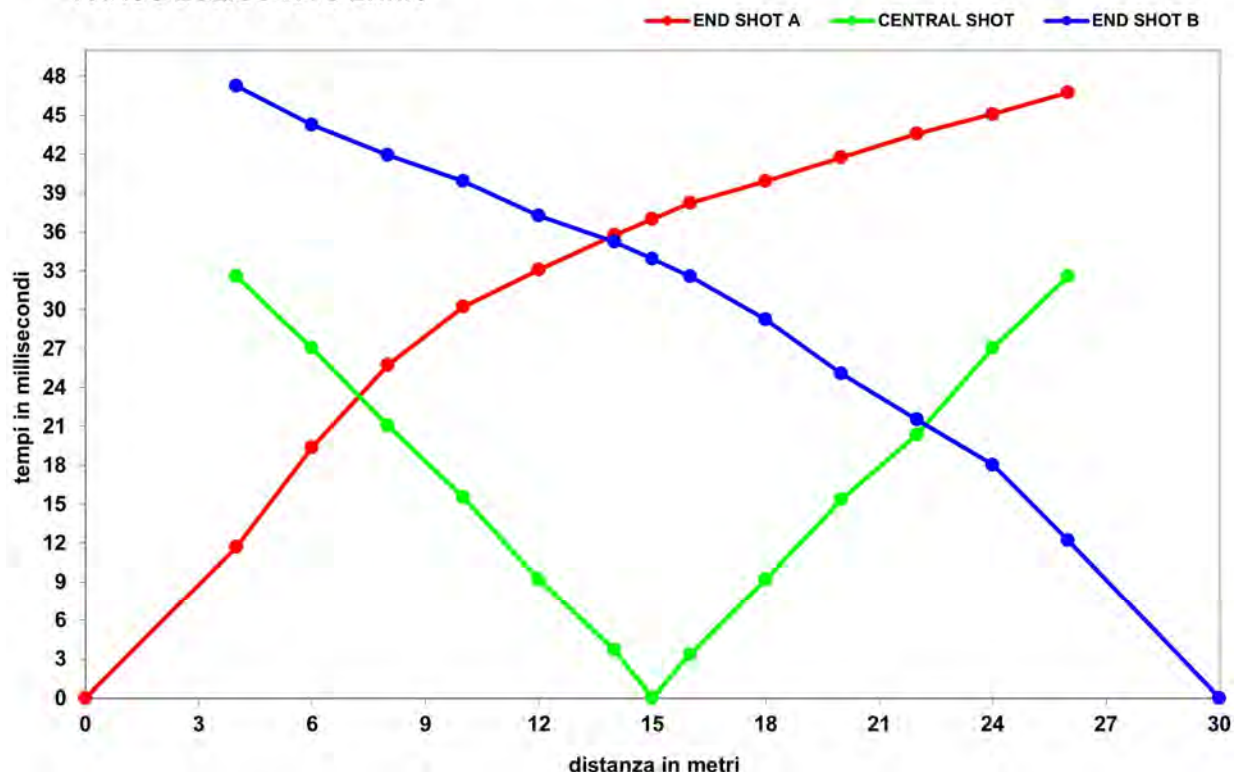
Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DROMOCRONE ONDE LONGITUDINALI (P)
PROFILO 2

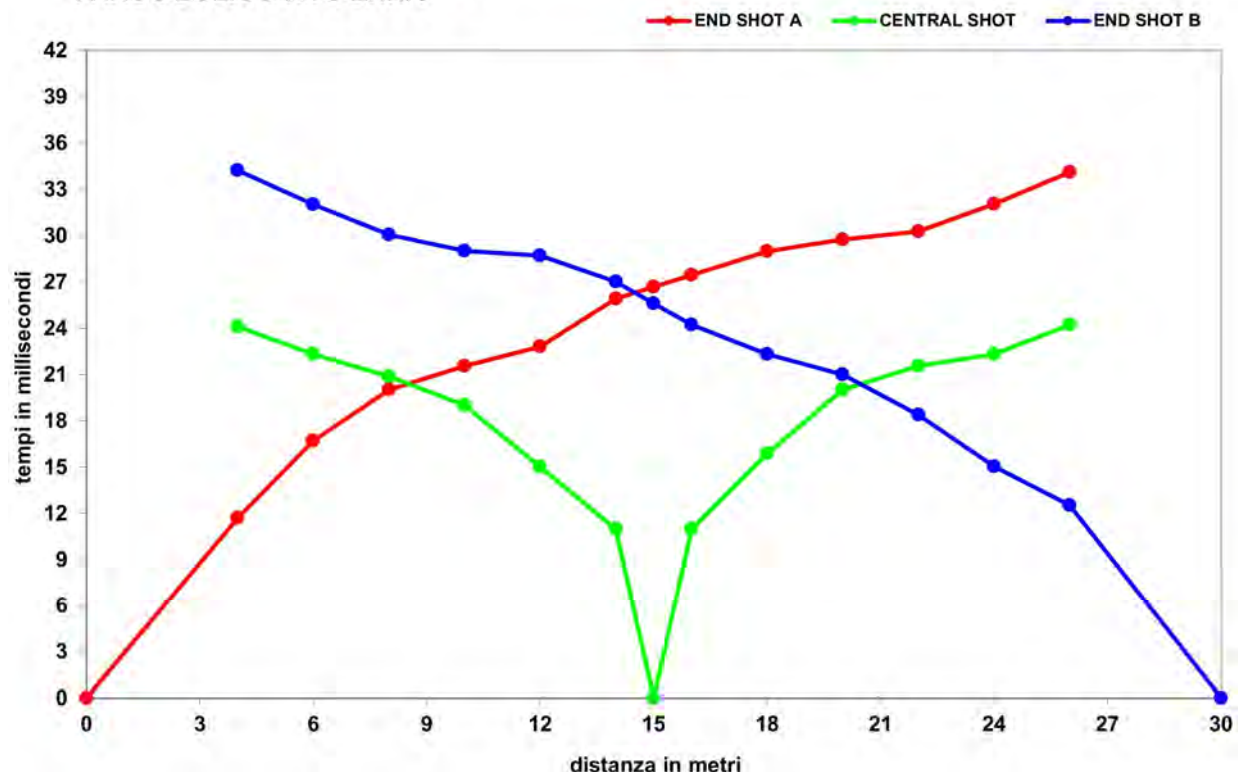
A 3

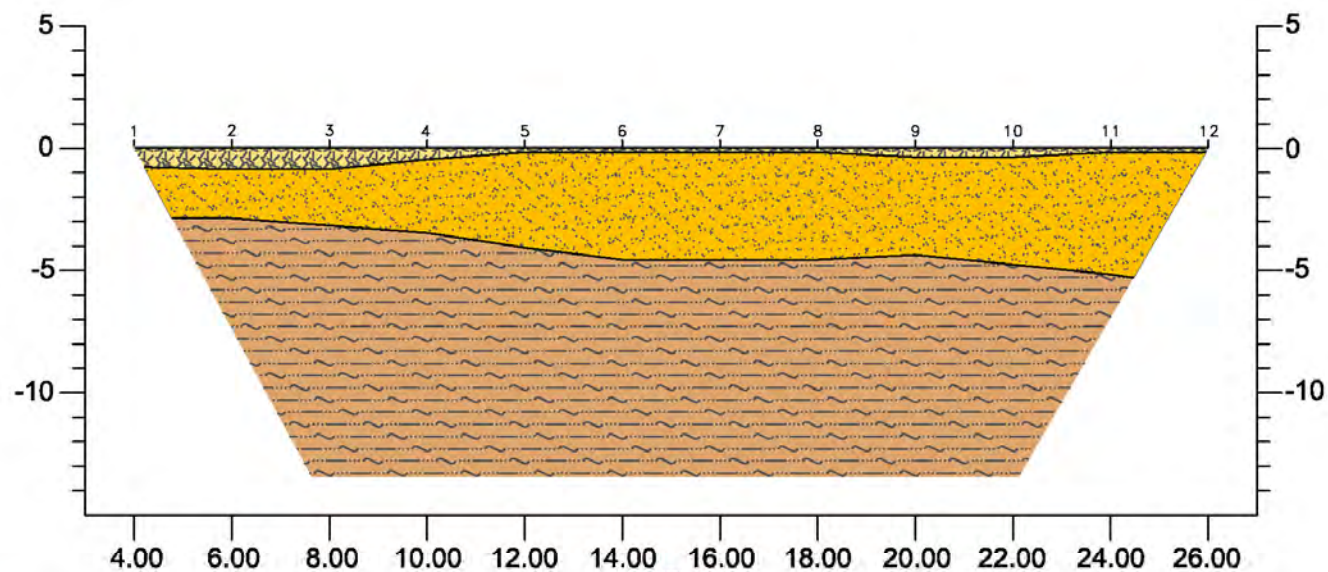
Gennaio
 2023

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 3
Dromocrone onde longitudinali (P)
"PARCO EOLICO WTG ENNA"



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 4
Dromocrone onde longitudinali (P)
"PARCO EOLICO WTG ENNA"



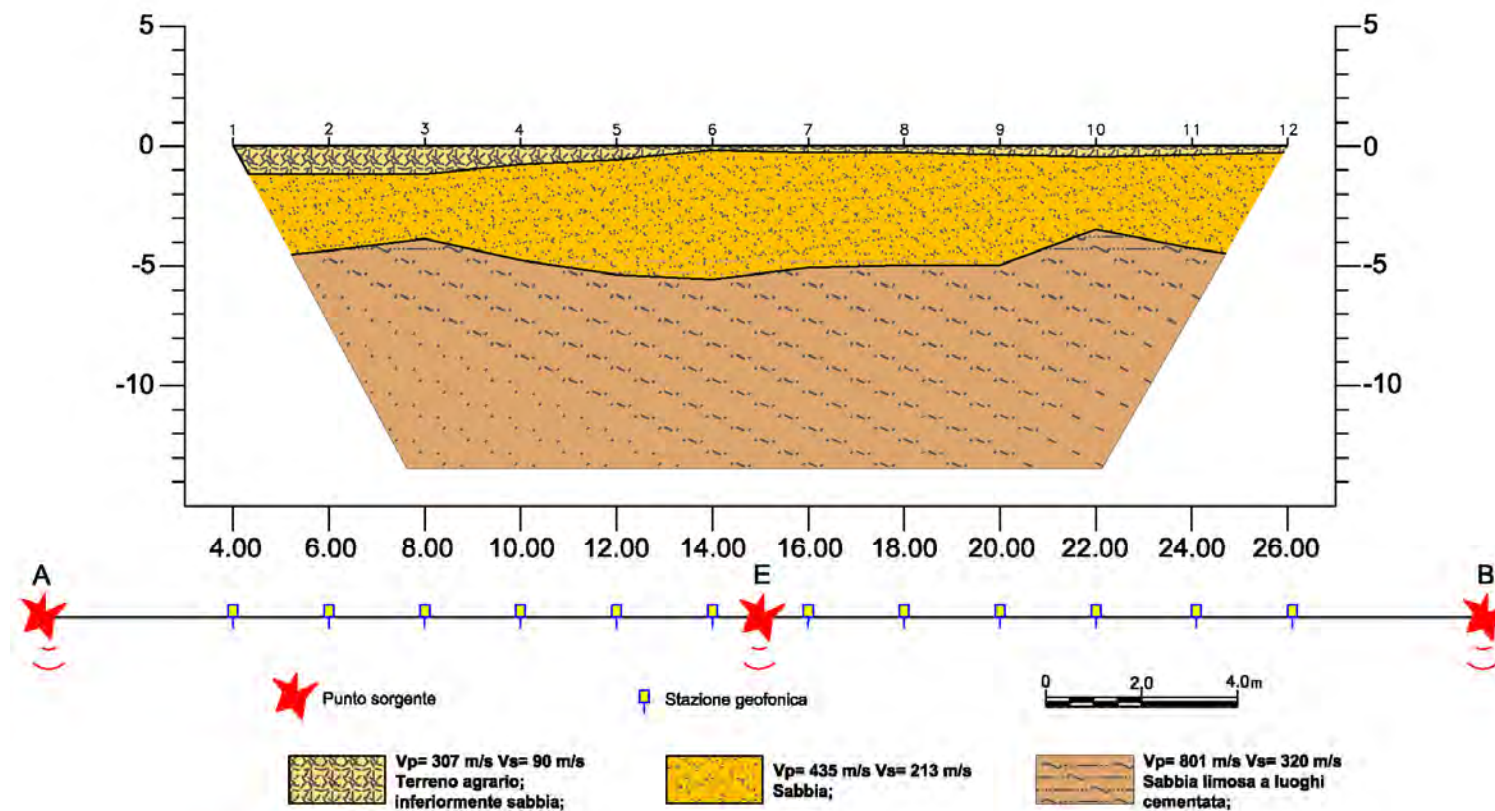


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1

A 6

Gennaio
 2023

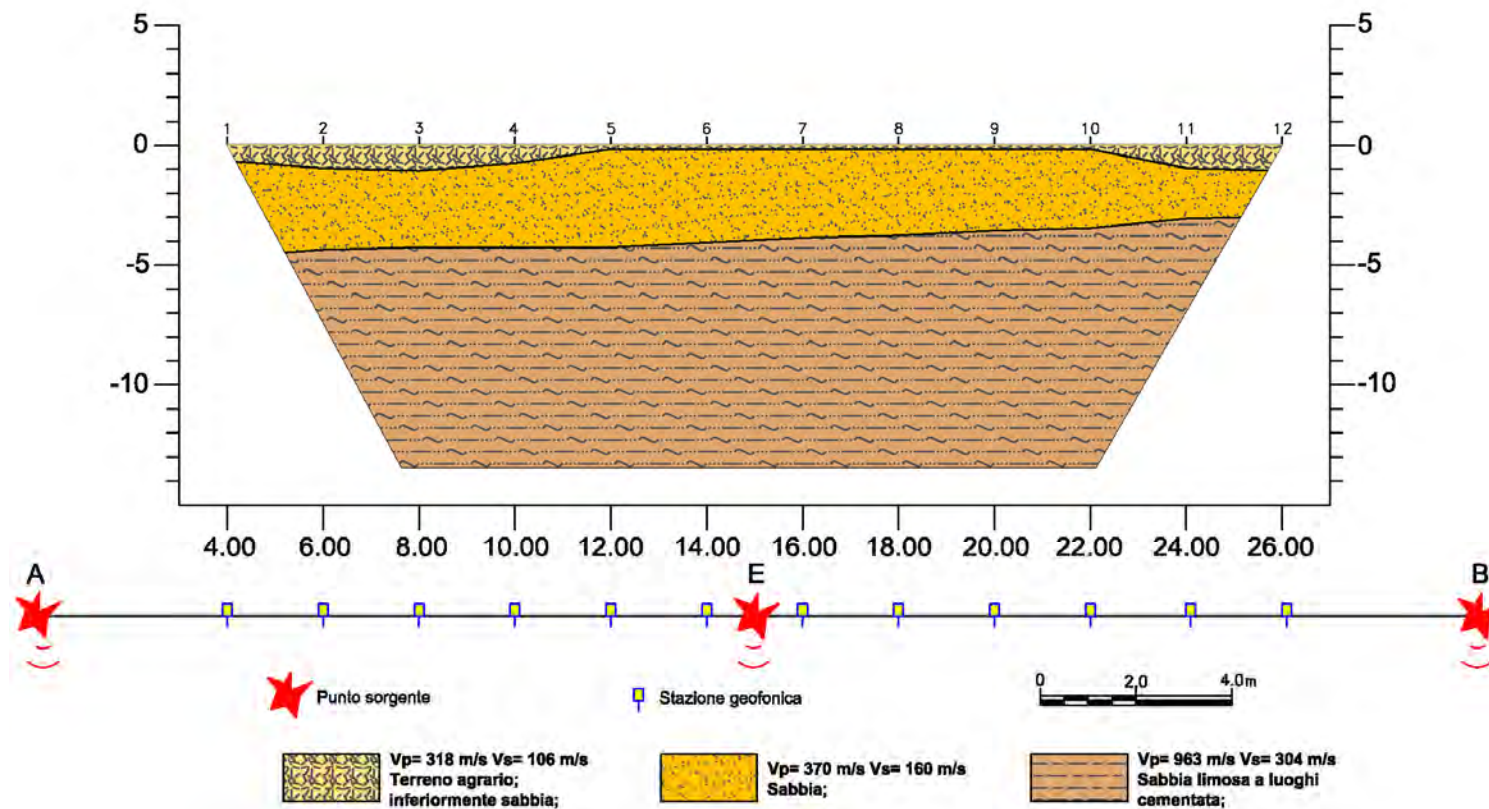


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2

A 7

Gennaio
 2023

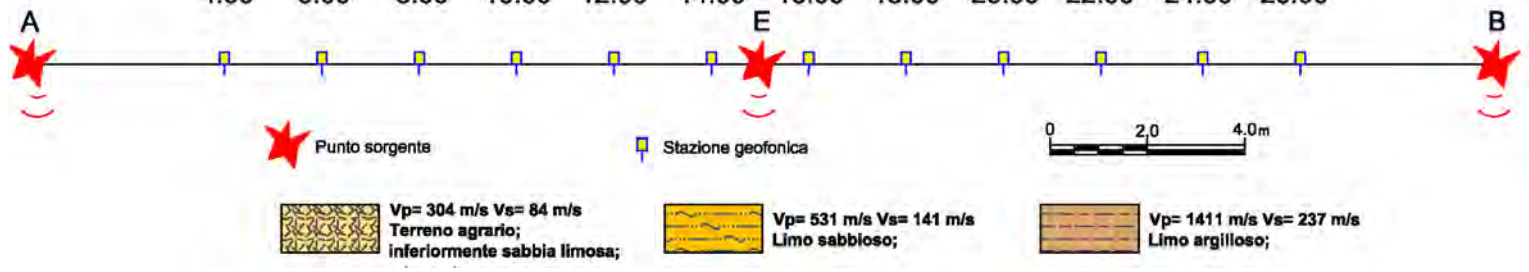
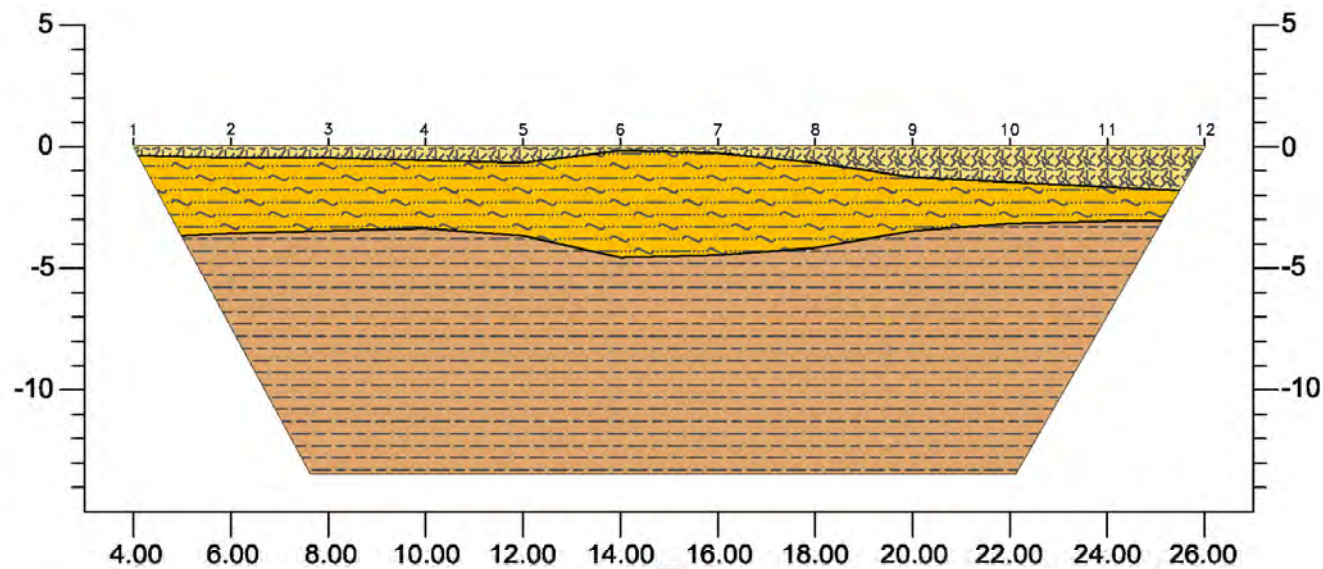


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 3

A 8

Gennaio
2023

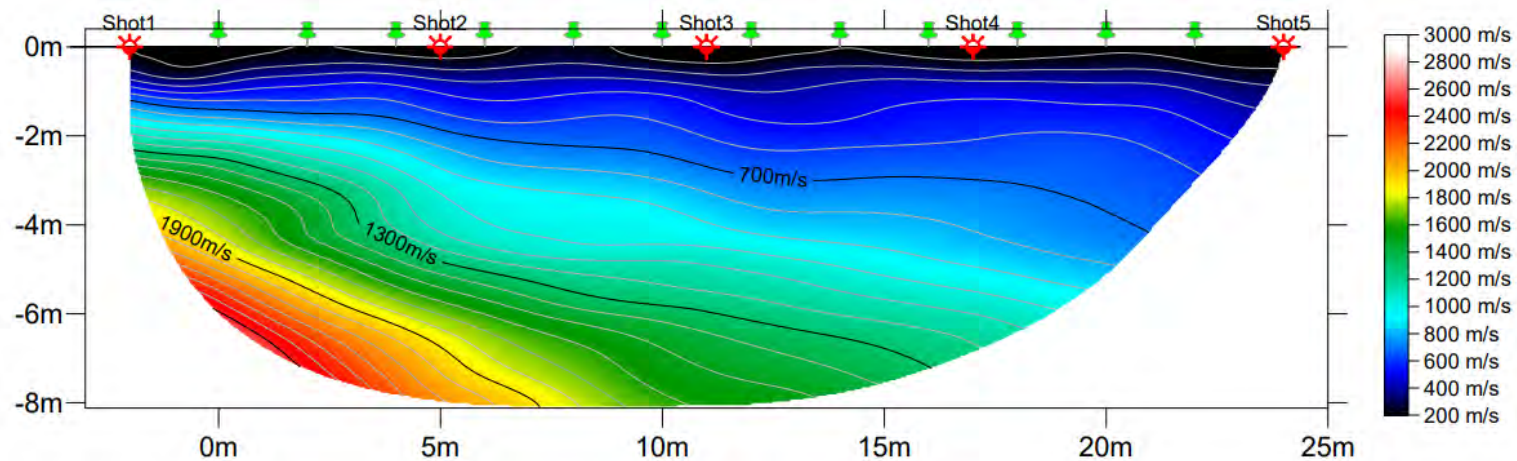


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 4

A 9

Gennaio
 2023

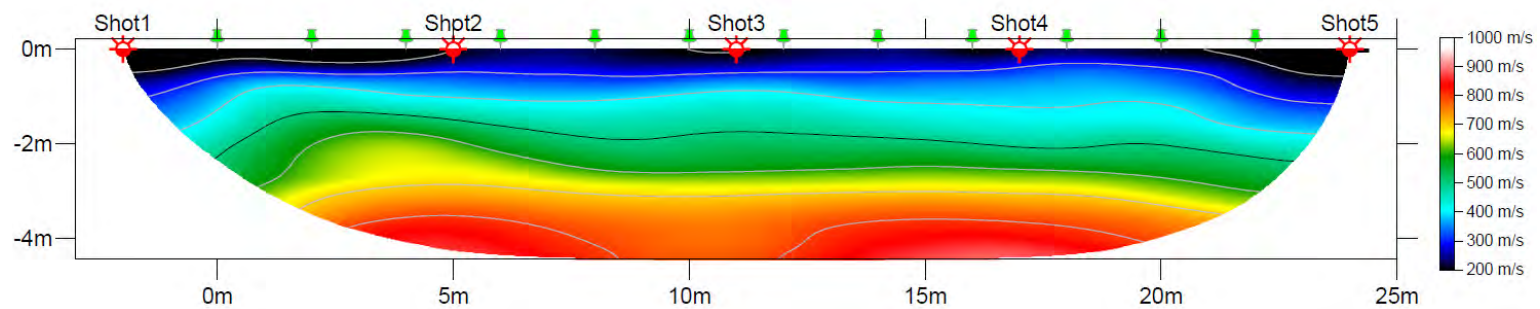


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

SEZIONE TOMOGRAFICA 1

A 10

Gennaio
 2023

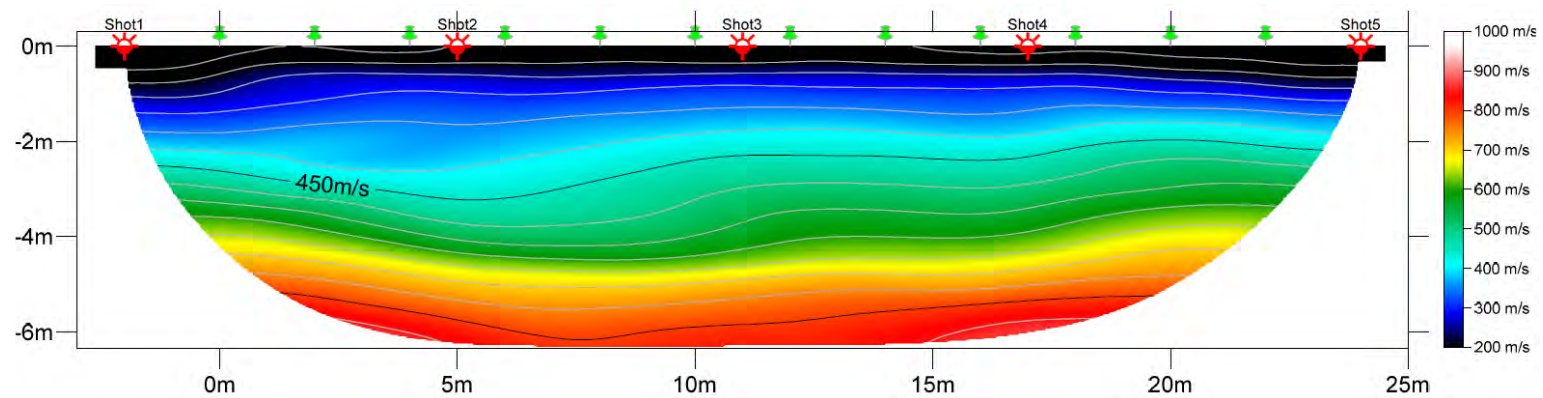


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

SEZIONE TOMOGRAFICA 2

A 11

**Gennaio
2023**



Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

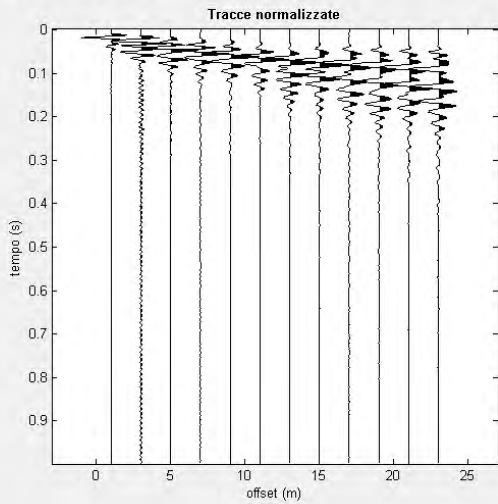
SEZIONE TOMOGRAFICA 3

A 12

Gennaio
 2023

Primo: trattamento dati

dataset: WTG ENNA 1.sgy
 offset minimo: 1 m
 distanza intergeofonica: 2 m
 campionamento: 0.956 ms



Utilità: ruota le tracce, movie, ?

Selezione dati: Attiva, Selezione: 20, Annulla, Salva



Invia e-mail

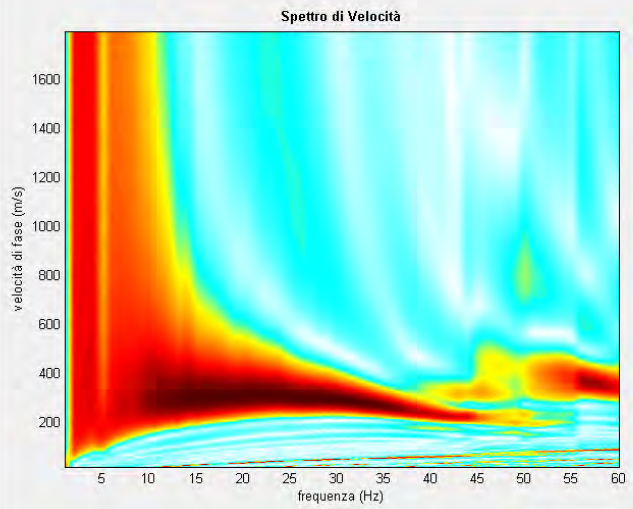
ver. 4.0 Standard

Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità Tau - v

visualizza curve

input curva ?



Esplora spettro

modellazione diretta

parametri, salva modello, carica modello: 3, refresh

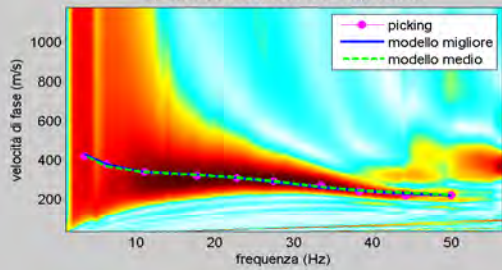
picking

selezione modo, seleziona l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro, salva picking, cancella picking

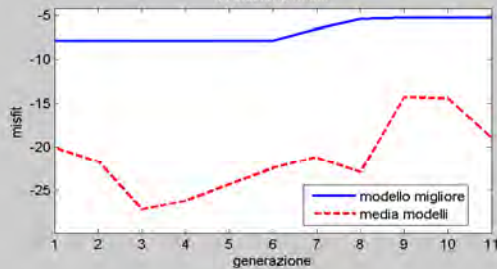
Inverti

Esci

spettro di velocità e curve di dispersione

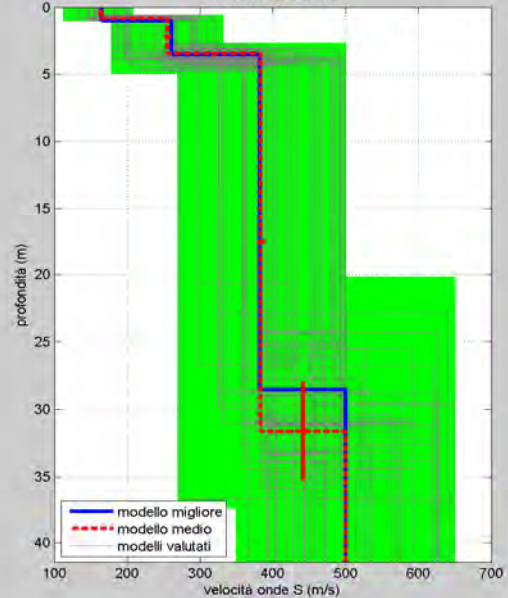


evoluzione misfit



dataset: WTG ENNA 1.sgy
 curva di dispersione: WTG ENNA 1.cdp
 modello migliore VS30: 357 m/s
 modello medio VS30: 355 m/s

Profilo verticale Vs



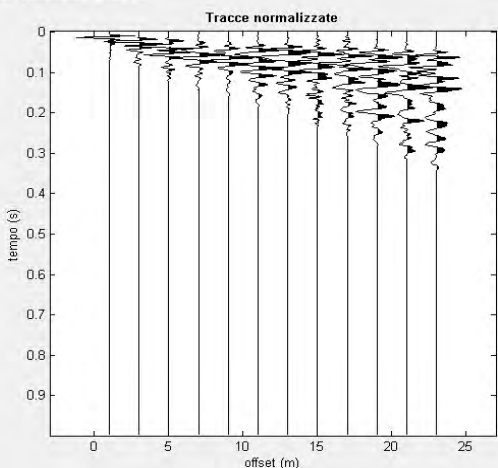
PROSPEZIONE MASW 1

A 13

Gennaio 2023

Primo: trattamento dati

dataset: WTG ENNA 2.sgy
 offset minimo: 1 m
 distanza intergeofonica: 2 m
 campionamento: 0,956 ms



Utilità

ruota le tracce

movie ?

Selezione dati

Attiva

Selezione 20

Annulla Salva



Invia e-mail

ver. 4.0 Standard

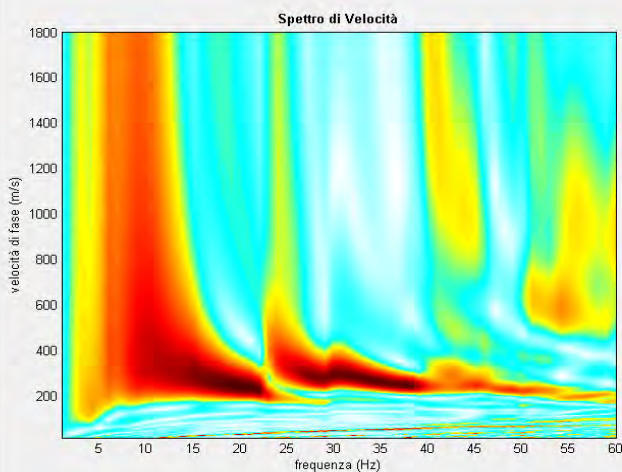
Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità

Tau - v

visualizza curve

input curva ?



Esplora spettro

modellazione diretta

parametri

salva modello

carica modello

3

?

refresh

picking

selezione modo

selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

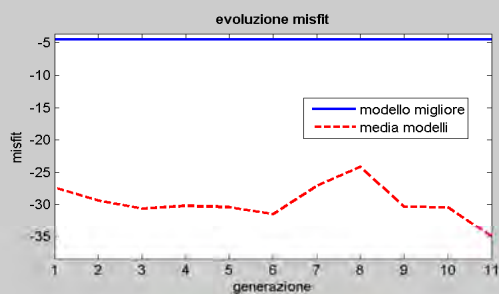
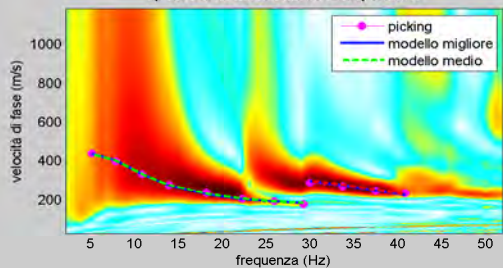
salva picking ?

cancela picking

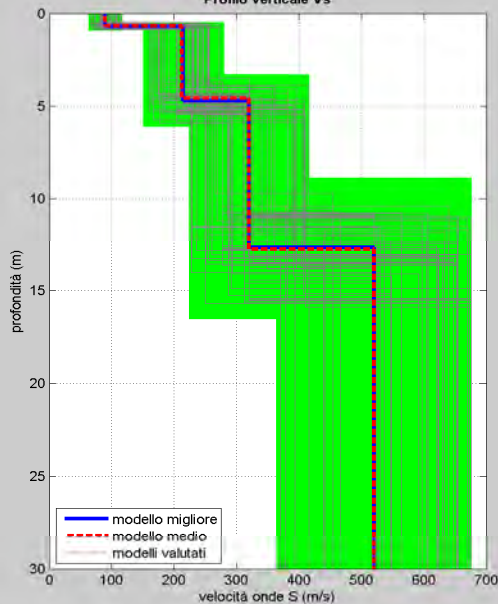
Inverti

Esci

spettro di velocità e curve di dispersione



Profilo verticale Vs



dataset: WTG ENNA 2.sgy
 curva di dispersione: WTG ENNA 1.cdp
 modello migliore VS30: 354 m/s
 modello medio VS30: 354 m/s



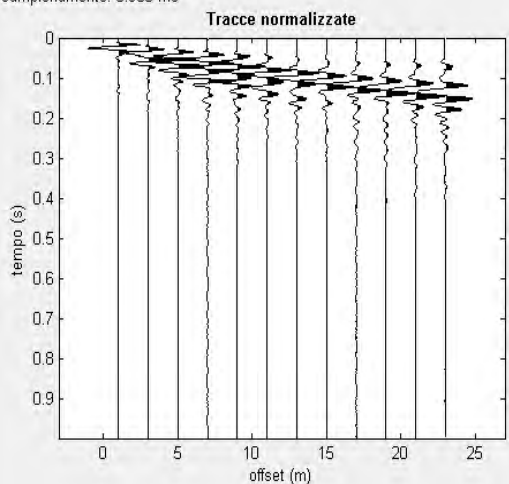
PROSPEZIONE MASW 2

A 14

Gennaio 2023

Primo: trattamento dati

dataset: WTG ENNA 3.sgy
 offset minimo: 1 m
 distanza intergeofonica: 2 m
 campionamento: 0.956 ms



Utilità: ruota le tracce, movie ?

Selezione dati: Attiva, Selezione 20, Annulla, Salva



Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità Tau - v

visualizza curve ?

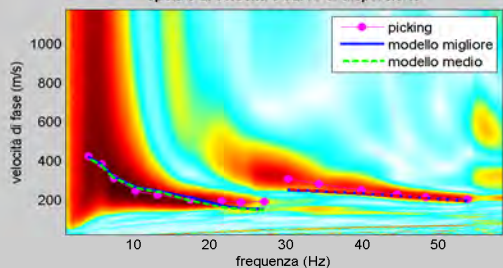
Esplora spettro

modellazione diretta: parametri, salva modello, carica modello 3, refresh

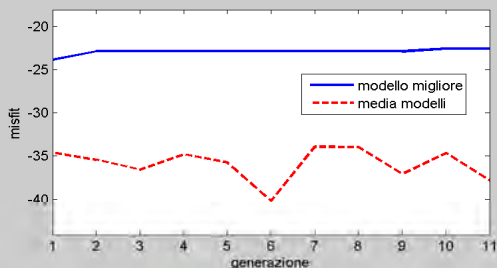
picking: selezione modo, seleziona l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro, salva picking ?, cancella picking

Inverti, Esci

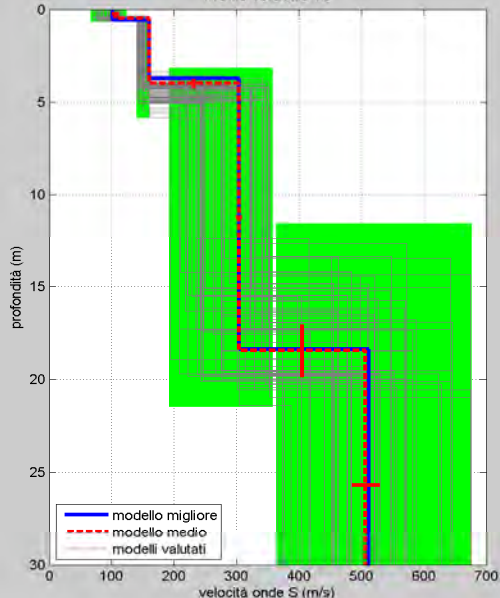
spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit



Profilo verticale Vs



dataset: WTG ENNA 3.sgy
 curva di dispersione: WTG ENNA 3.cdp
 modello migliore VS30: 312 m/s
 modello medio VS30: 310 m/s



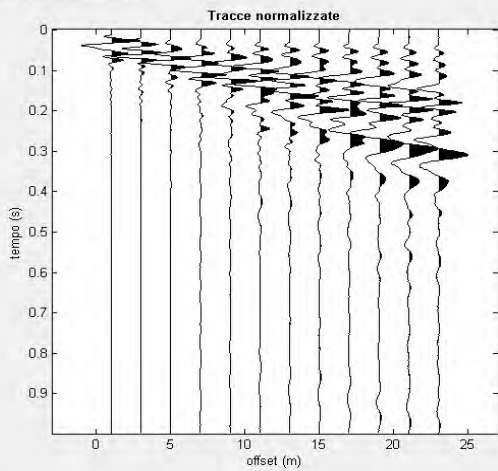
PROSPEZIONE MASW 3

A 15

Gennaio 2023

Primo: trattamento dati

dataset: WTG ENNA 4.sgy
 offset minimo: 1 m
 distanza intergeofonica: 2 m
 campionamento: 0.956 ms



Utilità

ruota le tracce

movie ?

Selezione dati

Attiva

Selezione 20

Annulla Salva



Invia e-mail

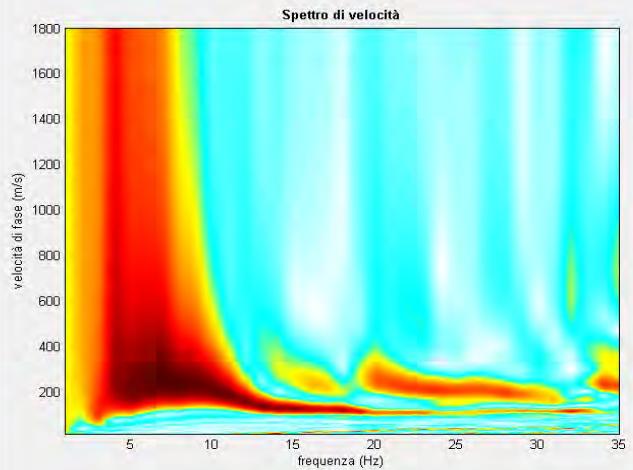
ver. 4.0 Standard

Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità Tau - v

visualizza curve

input curva ?



modellazione diretta

parametri

salva modello

carica modello 3

refresh

picking

selezione modo

selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

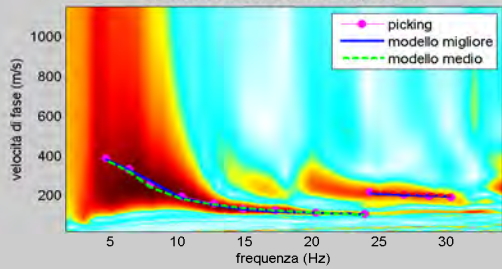
salva picking ?

cancella picking

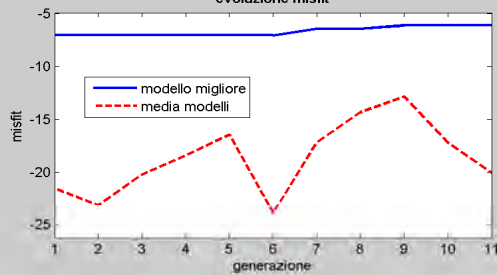
Inverti

Esci

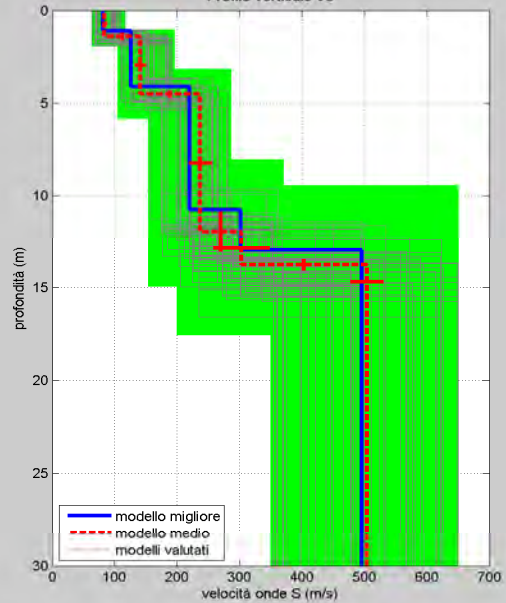
spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit



Profilo verticale Vs



dataset: WTG ENNA 4.sgy
 curva di dispersione: WTG ENNA 4.cdp
 modello migliore VS30: 274 m/s
 modello medio VS30: 277 m/s



PROSPEZIONE MASW 4

A 16

Gennaio 2023



Prospezione Sismica a Rifrazione 1



Prospezione Masw 1



Geol. Domenico Del Conte
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

A 17

Gennaio
2023



Prospezione Sismica a Rifrazione 2



Prospezione Masw 2



Geol. Domenico Del Conte
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

A 18

Gennaio
2023



Prospezione Sismica a Rifrazione 3



Prospezione Masw 3



Geol. Domenico Del Conte
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

A 19

Gennaio
2023



Prospezione Sismica a Rifrazione 4



Prospezione Masw 4



Geol. Domenico Del Conte
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

A 20

Gennaio
2023

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Studio Tecnico BFP S.r.l. Descrizione: Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna Località: Enna (EN)	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DL-30 (60°)

Rif. Norme	DL-30 (60°)
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	11 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N (10)
Coeff. Correlazione	0.765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Signature 1

Signature 2

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 ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) 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:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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 R_{pd}

Formula Olandesi

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

- R_{pd} 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 della 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 $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.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%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

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

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 N_{spt} 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 N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} 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 $< 38^\circ$.
 - 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 $< 38^\circ$).
 - Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
 - 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 NATIONALE 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) $\sigma > 15$ 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 D_r 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 D_r % 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 D_r % 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'Apollonia 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

- Buisman-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 (K₀)

- 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 limoso-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- 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'Apollonia 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 - PP1

Strumento utilizzato... DL-30 (60°)
Prova eseguita in data 07/01/2023
Profondità prova 1.60 mt
Falda non rilevata

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)
0.10	2	0.857	7.11	8.29	0.36	0.41
0.20	5	0.855	17.72	20.74	0.89	1.04
0.30	5	0.853	17.68	20.74	0.88	1.04
0.40	5	0.851	17.64	20.74	0.88	1.04
0.50	7	0.849	24.64	29.03	1.23	1.45
0.60	10	0.847	35.13	41.47	1.76	2.07
0.70	10	0.845	35.05	41.47	1.75	2.07
0.80	12	0.843	41.97	49.77	2.10	2.49
0.90	15	0.792	46.66	58.95	2.33	2.95
1.00	19	0.790	58.97	74.67	2.95	3.73
1.10	23	0.738	66.71	90.39	3.34	4.52
1.20	29	0.736	83.92	113.97	4.20	5.70
1.30	26	0.735	75.06	102.18	3.75	5.11
1.40	30	0.733	86.41	117.90	4.32	5.90
1.50	30	0.731	86.21	117.90	4.31	5.90
1.60	31	0.680	82.79	121.83	4.14	6.09

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP1

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Meyerhof 1957	63.09
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Meyerhof (1956)	22.01
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Meyerhof (1956)	26.3

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Bowles (1982) Sabbia Media	185.30

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	41.95
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	72.78

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Terzaghi-Peck 1948	1.60
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Terzaghi-Peck 1948	1.65

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Terzaghi-Peck 1948	1.80
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Terzaghi-Peck 1948	1.90

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	(A.G.I.)	0.34
Strato (2)	2.639832	1.00-1.60	22.06	(A.G.I.)	0.35

sabbia debolmente limosa					
--------------------------	--	--	--	--	--

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Ohsaki (Sabbie pulite)	407.58
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Ohsaki (Sabbie pulite)	1190.97

Velocità onde di taglio

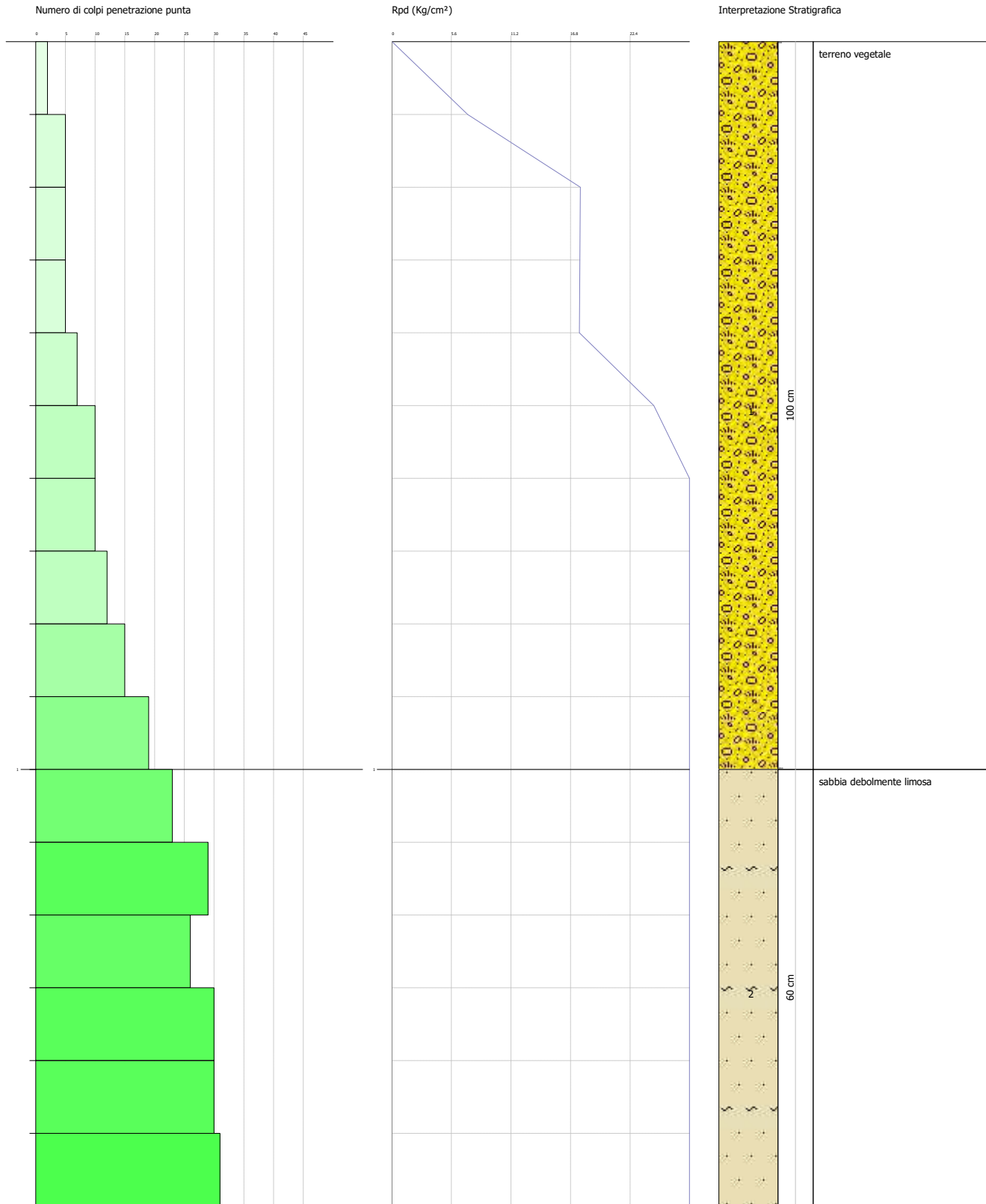
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Ohta & Goto (1978) Limi	83.9
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Ohta & Goto (1978) Limi	122.9

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Navfac 1971-1982	1.46
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Navfac 1971-1982	4.40

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	0.8703921	0.00-1.00	7.05	Robertson 1983	14.10
Strato (2) sabbia debolmente limosa	2.639832	1.00-1.60	22.06	Robertson 1983	44.12



PROVA PP2

Strumento utilizzato... DL-30 (60°)
 Prova eseguita in data 07/01/2023
 Profondità prova 1.80 mt
 Falda non rilevata

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)
0.10	2	0.857	7.11	8.29	0.36	0.41
0.20	2	0.855	7.09	8.29	0.35	0.41
0.30	4	0.853	14.15	16.59	0.71	0.83
0.40	6	0.851	21.17	24.88	1.06	1.24
0.50	5	0.849	17.60	20.74	0.88	1.04
0.60	4	0.847	14.05	16.59	0.70	0.83
0.70	4	0.845	14.02	16.59	0.70	0.83
0.80	6	0.843	20.99	24.88	1.05	1.24
0.90	6	0.842	19.84	23.58	0.99	1.18
1.00	15	0.790	46.56	58.95	2.33	2.95
1.10	32	0.688	86.53	125.76	4.33	6.29
1.20	32	0.686	86.31	125.76	4.32	6.29
1.30	35	0.685	94.16	137.55	4.71	6.88
1.40	37	0.683	99.30	145.41	4.96	7.27
1.50	36	0.681	96.38	141.48	4.82	7.07
1.60	35	0.680	93.48	137.55	4.67	6.88
1.70	36	0.678	95.92	141.48	4.80	7.07
1.80	37	0.676	98.35	145.41	4.92	7.27

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	5.78	22.16	Incoerente	0	1.51	0.0	0.08	0.766	3.1255	SABBIE
1.8	35	130.16	Incoerente	0	2.1	0.0	0.24	0.766	14.301	SABBIE E SABBIE DEBOL MENTE LIMOS E

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP2

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
-------------	------	------------------	------------	--------------	----------------------

Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Meyerhof 1957	50.19
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Meyerhof (1956)	21.27
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Meyerhof (1956)	27.66

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Bowles (1982) Sabbia Media	209.05

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	36.56
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	82.53

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Terzaghi-Peck 1948	1.60
Strato (2) SABBIE E SABBIE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Terzaghi-Peck 1948	1.67

DEBOLMENTE LIMOSE					
----------------------	--	--	--	--	--

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Terzaghi-Peck 1948	1.87
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Terzaghi-Peck 1948	2.04

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	(A.G.I.)	0.34
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	(A.G.I.)	0.3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Ohsaki (Sabbie pulite)	263.35
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Ohsaki (Sabbie pulite)	1430.58

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Ohta & Goto (1978) Limi	77.42
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Ohta & Goto (1978) Limi	128.95

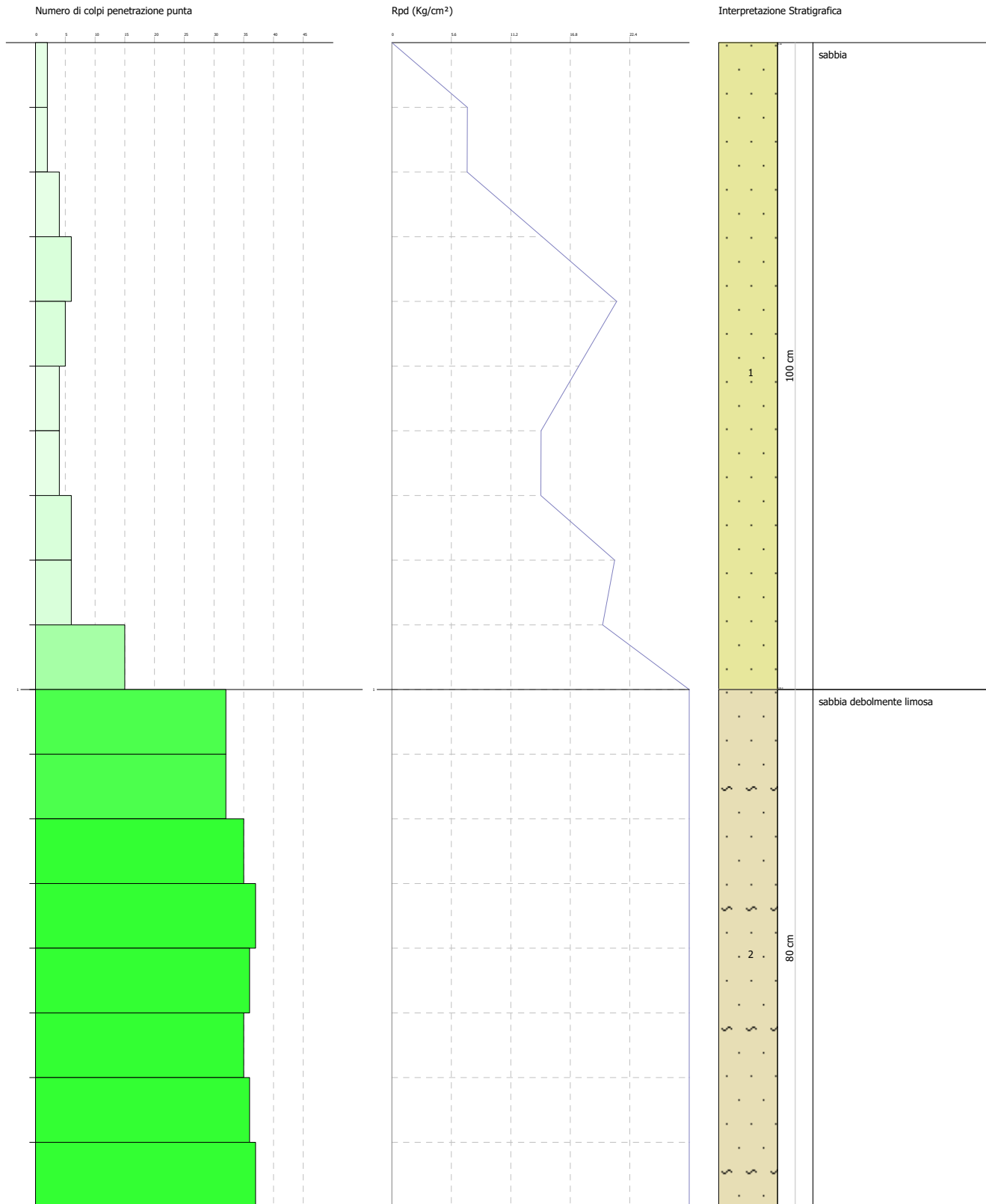
Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma/P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Navfac 1971-1982	0.85
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Navfac 1971-1982	5.15

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
-------------	------	------------------	------------	--------------	--------------------------

Strato (1) SABBIE	3.125575	0.00-1.00	4.43	Robertson 1983	8.86
Strato (2) SABBIE E SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE	14.3011	1.00-1.80	26.81	Robertson 1983	53.62



PROVA PP3

Strumento utilizzato... DL-30 (60°)
Prova eseguita in data 07/01/2023
Profondità prova 8.00 mt
Falda non rilevata

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)
0.10	2	0.857	7.11	8.29	0.36	0.41
0.20	2	0.855	7.09	8.29	0.35	0.41
0.30	2	0.853	7.07	8.29	0.35	0.41
0.40	2	0.851	7.06	8.29	0.35	0.41
0.50	4	0.849	14.08	16.59	0.70	0.83
0.60	4	0.847	14.05	16.59	0.70	0.83
0.70	4	0.845	14.02	16.59	0.70	0.83
0.80	5	0.843	17.49	20.74	0.87	1.04
0.90	4	0.842	13.23	15.72	0.66	0.79
1.00	5	0.840	16.50	19.65	0.83	0.98
1.10	7	0.838	23.05	27.51	1.15	1.38
1.20	8	0.836	26.29	31.44	1.31	1.57
1.30	7	0.835	22.96	27.51	1.15	1.38
1.40	8	0.833	26.19	31.44	1.31	1.57
1.50	9	0.831	29.40	35.37	1.47	1.77
1.60	8	0.830	26.08	31.44	1.30	1.57
1.70	7	0.828	22.78	27.51	1.14	1.38
1.80	7	0.826	22.73	27.51	1.14	1.38
1.90	9	0.825	27.72	33.61	1.39	1.68
2.00	10	0.823	30.74	37.34	1.54	1.87
2.10	11	0.822	33.75	41.08	1.69	2.05
2.20	11	0.820	33.69	41.08	1.68	2.05
2.30	14	0.769	40.19	52.28	2.01	2.61
2.40	16	0.767	45.84	59.75	2.29	2.99
2.50	17	0.766	48.61	63.49	2.43	3.17
2.60	13	0.764	37.10	48.55	1.86	2.43
2.70	15	0.763	42.73	56.02	2.14	2.80
2.80	18	0.761	51.18	67.22	2.56	3.36
2.90	20	0.760	54.07	71.15	2.70	3.56
3.00	19	0.759	51.28	67.59	2.56	3.38
3.10	26	0.707	65.42	92.49	3.27	4.62
3.20	18	0.756	48.41	64.03	2.42	3.20
3.30	16	0.755	42.95	56.92	2.15	2.85
3.40	17	0.753	45.56	60.47	2.28	3.02
3.50	18	0.752	48.16	64.03	2.41	3.20
3.60	18	0.751	48.08	64.03	2.40	3.20
3.70	22	0.700	54.75	78.26	2.74	3.91
3.80	14	0.748	37.27	49.80	1.86	2.49
3.90	26	0.697	61.56	88.30	3.08	4.42
4.00	20	0.746	50.67	67.92	2.53	3.40
4.10	18	0.745	45.53	61.13	2.28	3.06

4.20	21	0.694	49.47	71.32	2.47	3.57
4.30	34	0.643	74.20	115.47	3.71	5.77
4.40	35	0.641	76.25	118.87	3.81	5.94
4.50	33	0.640	71.77	112.08	3.59	5.60
4.60	29	0.689	67.88	98.49	3.39	4.92
4.70	29	0.688	67.78	98.49	3.39	4.92
4.80	30	0.687	70.01	101.89	3.50	5.09
4.90	28	0.686	62.41	90.97	3.12	4.55
5.00	27	0.685	60.09	87.73	3.00	4.39
5.10	29	0.684	64.45	94.22	3.22	4.71
5.20	30	0.683	66.57	97.47	3.33	4.87
5.30	32	0.632	65.71	103.97	3.29	5.20
5.40	31	0.631	63.56	100.72	3.18	5.04
5.50	32	0.630	65.51	103.97	3.28	5.20
5.60	32	0.629	65.41	103.97	3.27	5.20
5.70	30	0.678	66.11	97.47	3.31	4.87
5.80	32	0.627	65.22	103.97	3.26	5.20
5.90	31	0.626	60.47	96.54	3.02	4.83
6.00	35	0.625	68.17	109.00	3.41	5.45
6.10	34	0.625	66.13	105.88	3.31	5.29
6.20	32	0.624	62.16	99.65	3.11	4.98
6.30	32	0.623	62.07	99.65	3.10	4.98
6.40	33	0.622	63.92	102.77	3.20	5.14
6.50	34	0.621	65.77	105.88	3.29	5.29
6.60	31	0.620	59.89	96.54	2.99	4.83
6.70	31	0.620	59.81	96.54	2.99	4.83
6.80	30	0.669	62.48	93.43	3.12	4.67
6.90	33	0.618	60.97	98.67	3.05	4.93
7.00	34	0.617	62.74	101.66	3.14	5.08
7.10	34	0.616	62.66	101.66	3.13	5.08
7.20	33	0.616	60.75	98.67	3.04	4.93
7.30	33	0.615	60.67	98.67	3.03	4.93
7.40	33	0.614	60.60	98.67	3.03	4.93
7.50	32	0.613	58.69	95.68	2.93	4.78
7.60	33	0.613	60.46	98.67	3.02	4.93
7.70	34	0.612	62.22	101.66	3.11	5.08
7.80	34	0.611	62.14	101.66	3.11	5.08
7.90	35	0.611	61.45	100.64	3.07	5.03
8.00	35	0.610	61.38	100.64	3.07	5.03

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	3.4	13.13	Incoerente	0	1.43	0.0	0.07	0.766	0.5311801	TERRE NO VEGETALE
4.2	14.62	50.4	Incoerente	0	1.77	0.0	0.43	0.766	1.803943	LIMI SABBIOSI
8	32.08	96.47	Incoerente	0	2.07	0.0	1.1	0.766	11.03135	SABBIE DEBOLMENTE

										CEMENTATE
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP3

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Meyerhof 1957	38.55
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Meyerhof 1957	66.22
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Meyerhof 1957	77.53

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Meyerhof (1956)	20.74
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Meyerhof (1956)	23.2
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Meyerhof (1956)	27.02

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Bowles (1982) Sabbia Media	131.00
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Bowles (1982) Sabbia Media	197.85

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	32.81
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	50.47
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	77.93

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
-------------	------	------------------	------------	--------------	---------------------

Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Terzaghi-Peck 1948	1.58
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Terzaghi-Peck 1948	1.69
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Terzaghi-Peck 1948	1.74

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Terzaghi-Peck 1948	1.66
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Terzaghi-Peck 1948	1.73
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Terzaghi-Peck 1948	1.92

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	(A.G.I.)	0.33
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Ohsaki (Sabbie pulite)	159.58
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Ohsaki (Sabbie pulite)	629.76
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Ohsaki (Sabbie pulite)	1317.94

Velocità onde di taglio

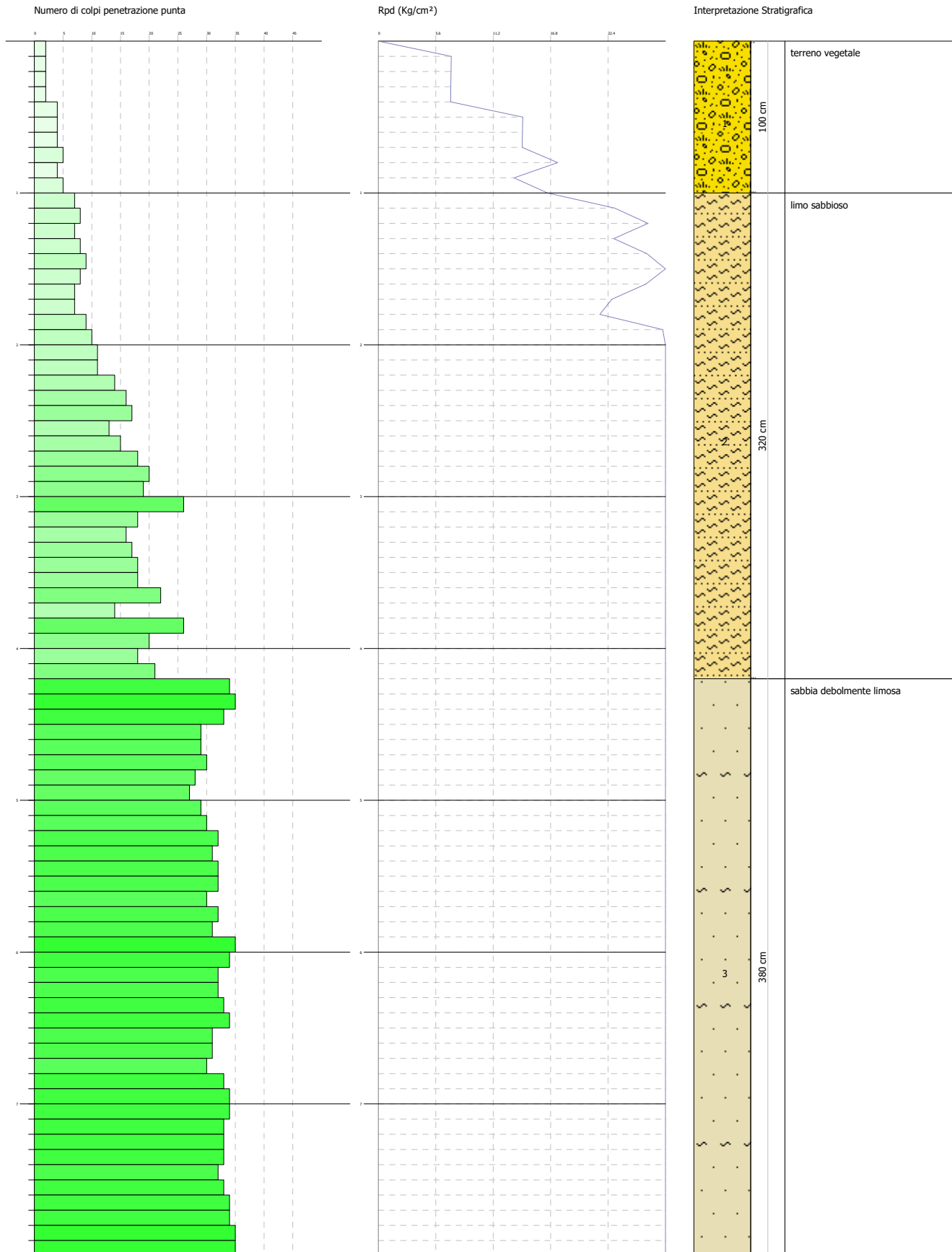
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Ohta & Goto (1978) Limi	70.6
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Ohta & Goto (1978) Limi	124.95
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Ohta & Goto (1978) Limi	168.74

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{Sigma}/P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Navfac 1971-1982	0.42
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Navfac 1971-1982	2.36
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Navfac 1971-1982	4.81

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Kg/cm ²)
Strato (1) TERRENO VEGETALE	0.5311801	0.00-1.00	2.6	Robertson 1983	5.20
Strato (2) LIMI SABBIOSI	1.803943	1.00-4.20	11.2	Robertson 1983	22.40
Strato (3) SABBIE DEBOLMENTE CEMENTATE	11.03135	4.20-8.00	24.57	Robertson 1983	49.14



PROVA PP4

Strumento utilizzato... DL 30 (60°)

Prova eseguita in data 07/01/2023

Profondità prova 6,50 mt

Falda non rilevata

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)
0,10	2	0,857	6,70	7,83	0,34	0,39
0,20	2	0,855	6,69	7,83	0,33	0,39
0,30	2	0,853	6,67	7,83	0,33	0,39
0,40	3	0,851	9,99	11,74	0,50	0,59
0,50	3	0,849	9,97	11,74	0,50	0,59
0,60	3	0,847	9,94	11,74	0,50	0,59
0,70	4	0,845	13,23	15,65	0,66	0,78
0,80	4	0,843	13,20	15,65	0,66	0,78
0,90	5	0,842	15,65	18,60	0,78	0,93
1,00	9	0,840	28,11	33,47	1,41	1,67
1,10	8	0,838	24,93	29,75	1,25	1,49
1,20	7	0,836	21,77	26,03	1,09	1,30
1,30	7	0,835	21,73	26,03	1,09	1,30
1,40	6	0,833	18,58	22,31	0,93	1,12
1,50	5	0,831	15,46	18,60	0,77	0,93
1,60	5	0,830	15,43	18,60	0,77	0,93
1,70	6	0,828	18,47	22,31	0,92	1,12
1,80	5	0,826	15,37	18,60	0,77	0,93
1,90	5	0,825	14,61	17,72	0,73	0,89
2,00	5	0,823	14,58	17,72	0,73	0,89
2,10	6	0,822	17,47	21,26	0,87	1,06
2,20	5	0,820	14,53	17,72	0,73	0,89
2,30	5	0,819	14,50	17,72	0,73	0,89
2,40	5	0,817	14,48	17,72	0,72	0,89
2,50	5	0,816	14,45	17,72	0,72	0,89
2,60	5	0,814	14,43	17,72	0,72	0,89
2,70	6	0,813	17,28	21,26	0,86	1,06
2,80	5	0,811	14,38	17,72	0,72	0,89
2,90	4	0,810	10,96	13,53	0,55	0,68
3,00	4	0,809	10,94	13,53	0,55	0,68
3,10	3	0,807	8,19	10,15	0,41	0,51
3,20	4	0,806	10,91	13,53	0,55	0,68
3,30	3	0,805	8,17	10,15	0,41	0,51
3,40	3	0,803	8,15	10,15	0,41	0,51
3,50	3	0,802	8,14	10,15	0,41	0,51
3,60	3	0,801	8,13	10,15	0,41	0,51
3,70	2	0,800	5,41	6,77	0,27	0,34
3,80	10	0,798	27,01	33,83	1,35	1,69
3,90	13	0,747	31,45	42,09	1,57	2,10
4,00	13	0,746	31,40	42,09	1,57	2,10
4,10	14	0,745	33,76	45,32	1,69	2,27
4,20	15	0,744	36,11	48,56	1,81	2,43
4,30	13	0,743	31,25	42,09	1,56	2,10
4,40	13	0,741	31,20	42,09	1,56	2,10
4,50	14	0,740	33,55	45,32	1,68	2,27
4,60	16	0,739	38,29	51,80	1,91	2,59

4,70	16	0,738	38,24	51,80	1,91	2,59
4,80	17	0,737	40,57	55,04	2,03	2,75
4,90	15	0,736	34,26	46,55	1,71	2,33
5,00	17	0,735	38,78	52,76	1,94	2,64
5,10	22	0,684	46,70	68,28	2,34	3,41
5,20	21	0,683	44,51	65,17	2,23	3,26
5,30	22	0,682	46,57	68,28	2,33	3,41
5,40	23	0,681	48,61	71,38	2,43	3,57
5,50	24	0,680	50,65	74,48	2,53	3,72
5,60	23	0,679	48,48	71,38	2,42	3,57
5,70	22	0,678	46,30	68,28	2,32	3,41
5,80	23	0,677	48,34	71,38	2,42	3,57
5,90	21	0,676	42,33	62,58	2,12	3,13
6,00	24	0,675	48,31	71,52	2,42	3,58
6,10	23	0,675	46,24	68,54	2,31	3,43
6,20	23	0,674	46,18	68,54	2,31	3,43
6,30	24	0,673	48,13	71,52	2,41	3,58
6,40	25	0,672	50,07	74,50	2,50	3,73
6,50	25	0,671	50,01	74,50	2,50	3,73

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2,38	0,90	Sanglerat	0,30
Strato 2	3,8	3,70	Sanglerat	0,48
Strato 3	14,52	6,50	Sanglerat	1,82

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	2,38	0,90	Robertson (1983)	4,76
Strato 2	3,8	3,70	Robertson (1983)	7,60
Strato 3	14,52	6,50	Robertson (1983)	29,04

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2,38	0,90	Stroud e Butler (1975)	10,92
Strato 2	3,8	3,70	Stroud e Butler (1975)	17,43
Strato 3	14,52	6,50	Stroud e Butler (1975)	66,62

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	2,38	0,90	Schultze	6,97
Strato 2	3,8	3,70	Schultze	23,30
Strato 3	14,52	6,50	Schultze	146,58

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	2,38	0,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 2	3,8	3,70	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 3	14,52	6,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
--	------	------------------	--------------	--

Strato 1	2,38	0,90	Meyerhof ed altri	1,59
Strato 2	3,8	3,70	Meyerhof ed altri	1,69
Strato 3	14,52	6,50	Meyerhof ed altri	2,06

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2,38	0,90	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,86
Strato 2	3,8	3,70	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,87
Strato 3	14,52	6,50	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

