

ENGIE BELCASTRO S.r.l.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 37,2 MWp RICADENTE NEL TERRITORIO DI BELCASTRO (CZ) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE



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
dott. Raffaele SASSONE

Collaborazioni

Responsabile Commessa
ing. Danilo POMPONIO

| ELABORATO | TITOLO | COMMESSA | TIPOLOGIA | | |
|------------|---|------------------------------------|------------------------|-------------|-----------|
| V24 | RELAZIONE GEOLOGICA | 23007 | D | | |
| | | CODICE ELABORATO | | | |
| | | DC23007D-V24 | | | |
| REVISIONE | Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.) | SOSTITUISCE | SOSTITUITO DA | | |
| 01 | | - | - | | |
| | | NOME FILE | PAGINE | | |
| | | DC23007D-V24 rev01.doc | 150 + copertina | | |
| REV | DATA | MODIFICA | Elaborato | Controllato | Approvato |
| 00 | 31/07/23 | Emissione | Sassone | Sassone | Sassone |
| 01 | 15/09/23 | Aggiornamento opere di connessione | Sassone | Sassone | Sassone |
| 02 | | | | | |
| 03 | | | | | |
| 04 | | | | | |
| 05 | | | | | |
| 06 | | | | | |

| | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina I di VI |

SOMMARIO

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 1 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 8 |
| 3. BIBLIOGRAFIA | 9 |
| 4. IDENTIFICAZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI IN SITO | 10 |
| 5. STORIA GEOLOGICA DEL TERRITORIO..... | 12 |
| 5.1. Il bacino crotonese | 13 |
| 5.2. Cenni di geomorfologia e paleogeografia | 14 |
| 6. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO..... | 20 |
| 7. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA DI DETTAGLIO DEL SITO..... | 21 |
| 8. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DEL SITO | 22 |
| 9. TETTONICA..... | 23 |
| 10. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DI DETTAGLIO..... | 24 |
| 11. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DI DETTAGLIO | 30 |
| 12. STABILITÀ DEI VERSANTI..... | 31 |
| 13. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO | 32 |
| 14. CAMPAGNA GEOGNOSTICA | 42 |
| 15. RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE | 43 |
| 15.1. Acquisizioni sismiche a rifrazione e MASW | 43 |
| 15.2. Indagine sismica a rifrazione | 43 |
| 15.2.1. Modello sismico AA' | 43 |
| 15.2.2. Modello sismico BB' | 44 |
| 15.2.3. Modello sismico CC' | 45 |
| 15.2.4. Modello sismico DD' | 46 |
| 15.2.5. Modello sismico EE' | 47 |
| 15.2.6. Modello sismico FF' | 48 |
| 15.2.7. Modello sismico QQ' | 49 |
| 15.3. Indagine sismica M.A.S.W..... | 50 |
| 15.3.1. Misura AA' | 51 |
| 15.3.2. Misura BB' | 51 |
| 15.3.3. Misura CC' | 51 |
| 15.3.4. Misura DD' | 51 |
| 15.3.5. Misura EE' | 52 |

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina II di VI |

| | |
|--|-----------|
| 15.3.6. Misura FF' | 52 |
| 15.3.7. Misura QQ' | 52 |
| 16. INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA SCHEMATICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE..... | 54 |
| 17. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA..... | 57 |
| 18. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA..... | 59 |
| 19. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO | 60 |
| 20. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO | 61 |
| 21. CONCLUSIONI | 64 |

ALLEGATO 1: REPORT INDAGINI GEOFISICHE

ALLEGATO 2: SCHEDE POZZI CENSITI NELL'ARCHIVIO NAZIONALE DELLE INDAGINI NEL SOTTOSUOLO (LEGGE 464/1984)

| | | |
|--|---------------------------------------|----------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina III di VI |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 – ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000 | 1 |
| Figura 1.2 – ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000 | 2 |
| Figura 1.3 - ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000 | 3 |
| Figura 1.4 - ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000 | 4 |
| Figura 1.5 - ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000 | 5 |
| Figura 1.6 – ubicazione SE Cutro, Cabina Utente, Cavidotto AT interno, Cavidotto AT esterno su stralcio ortofoto scala 1:20000 | 6 |
| Figura 1.7 - ubicazione Cavidotto interno e aerogeneratori su stralcio ortofoto scala 1:20000 | 6 |
| Figura 1.8 - ubicazione Cavidotto interno e aerogeneratori su stralcio ortofoto scala 1:20000 | 7 |
| Figura 4.1 – ubicazione parco eolico su stralcio Carta Geologica scala 1:100000 | 10 |
| Figura 4.2 - ubicazione parco eolico su stralcio Carta Geologica scala 1:100000 | 11 |
| Figura 5.1 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000 | 15 |
| Figura 5.2 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000 | 16 |
| Figura 5.3 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000 | 17 |
| Figura 5.4 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000 | 18 |
| Figura 5.5 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000 | 19 |
| Figura 10.1 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d’acqua scala 1:25000 | 25 |
| Figura 10.2 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d’acqua scala 1:25000 | 26 |
| Figura 10.3 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d’acqua scala 1:25000 | 27 |
| Figura 10.4 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d’acqua scala 1:25000 | 28 |
| Figura 10.5 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d’acqua scala 1:25000 | 29 |
| Figura 10.6 - Rappresentazione schematica di una TOC | 29 |
| Figura 13.1 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000 | 32 |
| Figura 13.2 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000 | 33 |
| Figura 13.3 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000 | 34 |
| Figura 13.4 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000 | 35 |
| Figura 13.5 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000 | 36 |
| Figura 13.6 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000 | 37 |
| Figura 13.7 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000 | 38 |
| Figura 13.8 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000 | 39 |
| Figura 13.9 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000 | 40 |
| Figura 13.10 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000 | 41 |
| Figura 14.1 - Corografia delle prospezioni geofisiche | 42 |
| Figura 15.1 - Ubicazione dello stendimento sismico AA’ su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica | 44 |
| Figura 15.2 - Ubicazione dello stendimento sismico BB’ su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica | 45 |
| Figura 15.3 - Ubicazione dello stendimento sismico CC’ su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica | 46 |
| Figura 15.4 – Ubicazione dello stendimento sismico DD’ su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica | 47 |
| Figura 15.5 - Ubicazione dello stendimento sismico EE’ su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica | 48 |

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina IV di VI |

| | |
|--|----|
| Figura 15.6 - Ubicazione dello stendimento sismico FF' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica..... | 49 |
| Figura 15.7 - Ubicazione dello stendimento sismico QQ' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica | 50 |
| Figura 16.1 - Colonne stratigrafiche schematiche relative ai WTG1 e WTG2 | 54 |
| Figura 16.2 - Colonne stratigrafiche schematiche relative ai WTG3 e WTG4 | 55 |
| Figura 16.3 - Colonne stratigrafiche schematiche relative ai WTG5 e WTG6 | 56 |
| Figura 16.4 - Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG7 | 56 |
| Figura 17.1 – mappa della classificazione sismica dei comuni della Calabria..... | 58 |
| Figura 19.1 – modello geologico | 60 |

| | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina V di VI |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|----|
| Tabella 1.1 - Inquadramento dei punti macchina di progetto e coordinate | 1 |
| Tabella 15.1 – ubicazione stendimenti sismici | 43 |
| Tabella 15.2 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura AA' | 51 |
| Tabella 15.3 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura BB' | 51 |
| Tabella 15.4 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura CC' | 51 |
| Tabella 15.5 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura DD' | 52 |
| Tabella 15.6 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura EE' | 52 |
| Tabella 15.7 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura FF' | 52 |
| Tabella 15.8 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura QQ' | 53 |
| Tabella 17.1 – Zona sismica di riferimento | 57 |
| Tabella 17.2 - Classificazione sismica elaborata ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3519/2006 | 57 |
| Tabella 19.1 - Modello geologico di riferimento per il parco eolico | 60 |
| Tabella 20.1 - parametri sismici WTG1 | 61 |
| Tabella 20.2 - parametri sismici WTG2 | 61 |
| Tabella 20.3 - parametri sismici WTG3 | 62 |
| Tabella 20.4 - parametri sismici WTG4 | 62 |
| Tabella 20.5 - parametri sismici WTG5 | 62 |
| Tabella 20.6 - parametri sismici WTG6 | 63 |
| Tabella 20.7 - parametri sismici WTG7 | 63 |

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina VI di VI |

INDICE DELLE VOCI

| | |
|-----------------|---|
| PAI | Piano Stralcio Assetto Idrogeologico |
| IGM | Istituto Geografico Militare |
| CTR | Carta Tecnica Regionale |
| P.P.T.R. | Piano Paesaggistico Regionale |
| P.T.A. | Piano di Tutela delle Acque |
| MASW | Multi-channel Analysis of Surface Waves |

1. PREMESSA

Lo scopo del presente lavoro è fornire delle conoscenze geologiche di base per una porzione del territorio in agro di Belcastro (CZ), ubicato a sud della cittadina calabrese, sulla quale lo studio BFP s.r.l. intende progettare un impianto eolico (Figura 1.1, Figura 1.2, Figura 1.3, Figura 1.4, Figura 1.5, Figura 1.6, Figura 1.7, Figura 1.8).

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa in cui vengono indicate le coordinate geografiche (UTM 33N WGS84), la quota sul livello del mare e il riferimento IGM delle opere in progetto (

Tabella 1.1).

Tabella 1.1 - Inquadramento dei punti macchina di progetto e coordinate

| WTG | Riferimento IGM | Quota media s.l.m. | Cord. X | Cord. Y |
|---------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|------------|
| WTG 1 | Foglio 242- Tav. I NE "Botricello" | 175 | 663862.41 | 4313652.06 |
| WTG 2 | Foglio 242- Tav. I NE "Botricello" | 60 | 663214.05 | 4314706.84 |
| WTG 3 | Foglio 242- Tav. I NE "Botricello" | 95 | 662460.69 | 4313376.59 |
| WTG 4 | Foglio 242- Tav. I NE "Botricello" | 115 | 661577.61 | 4314630.72 |
| WTG 5 | Foglio 242- Tav. I NE "Botricello" | 60 | 662364.25 | 4316017.51 |
| WTG 6 | Foglio 242- Tav. I NE "Botricello" | 195 | 660768.44 | 4316212.33 |
| WTG 7 | Foglio 242- Tav. I NE "Botricello" | 150 | 660272.08 | 4318098.91 |
| Cabina utente | Foglio 238 - Tav. III NO "Scandale" | 186 | 671841.70 | 4328869.66 |

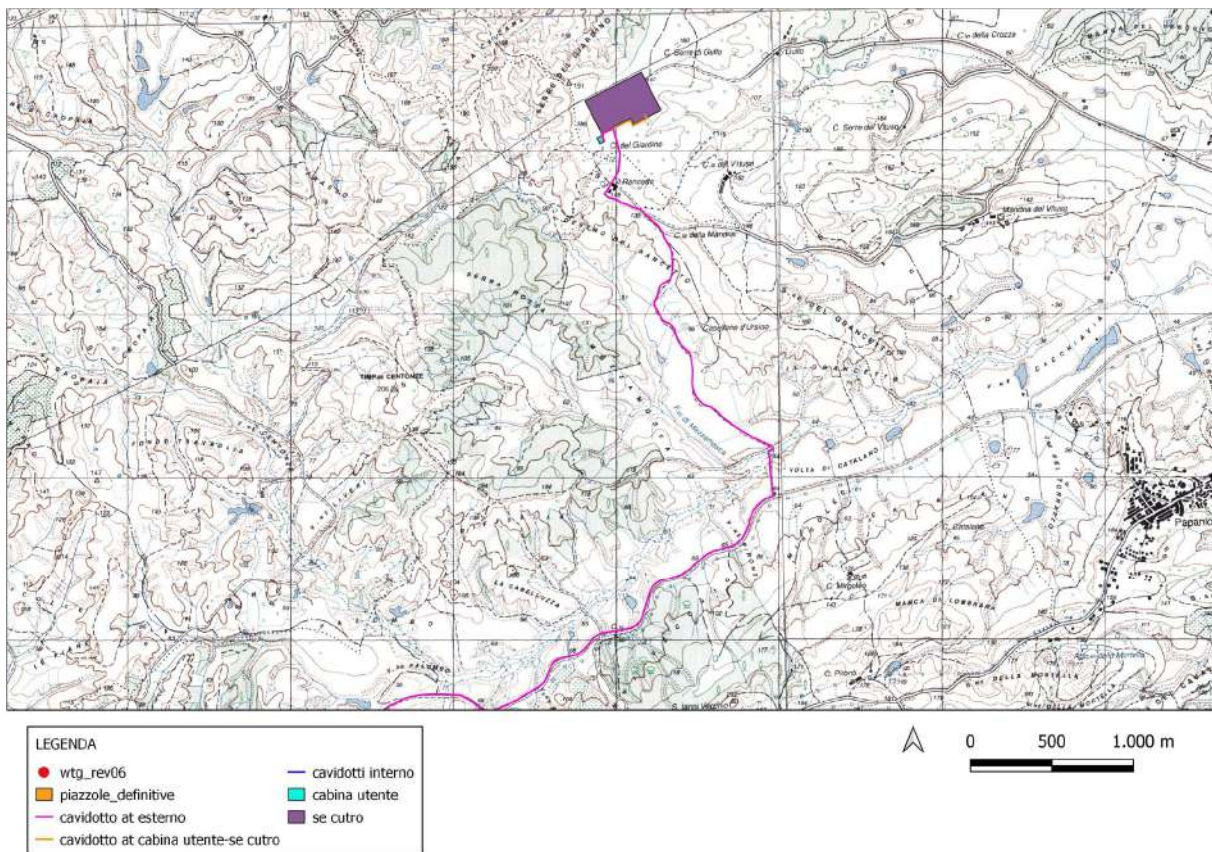


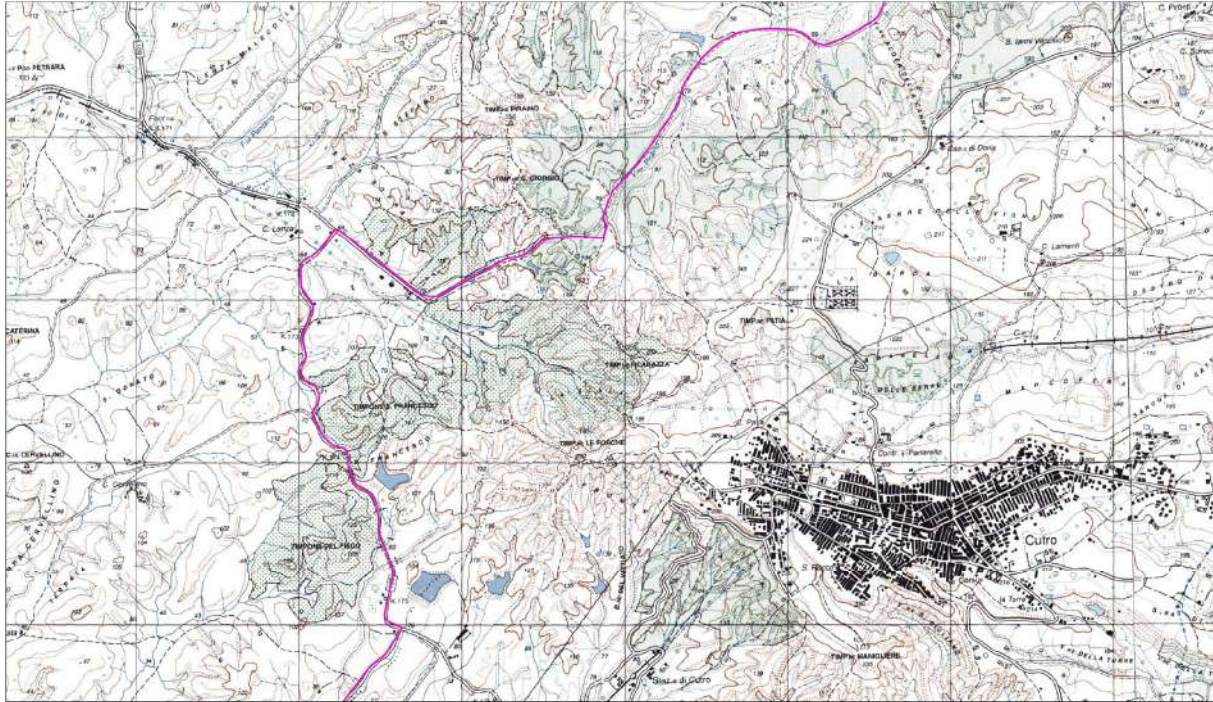
Figura 1.1 – ubicazione impianto eolico su stralci IGM scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
2 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|---------------------|
| ● wtg_rev06 | — cavidotti interno |
| ■ piazzole_definitive | ■ cabina utente |
| — cavidotto at esterno | ■ se cutro |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | |



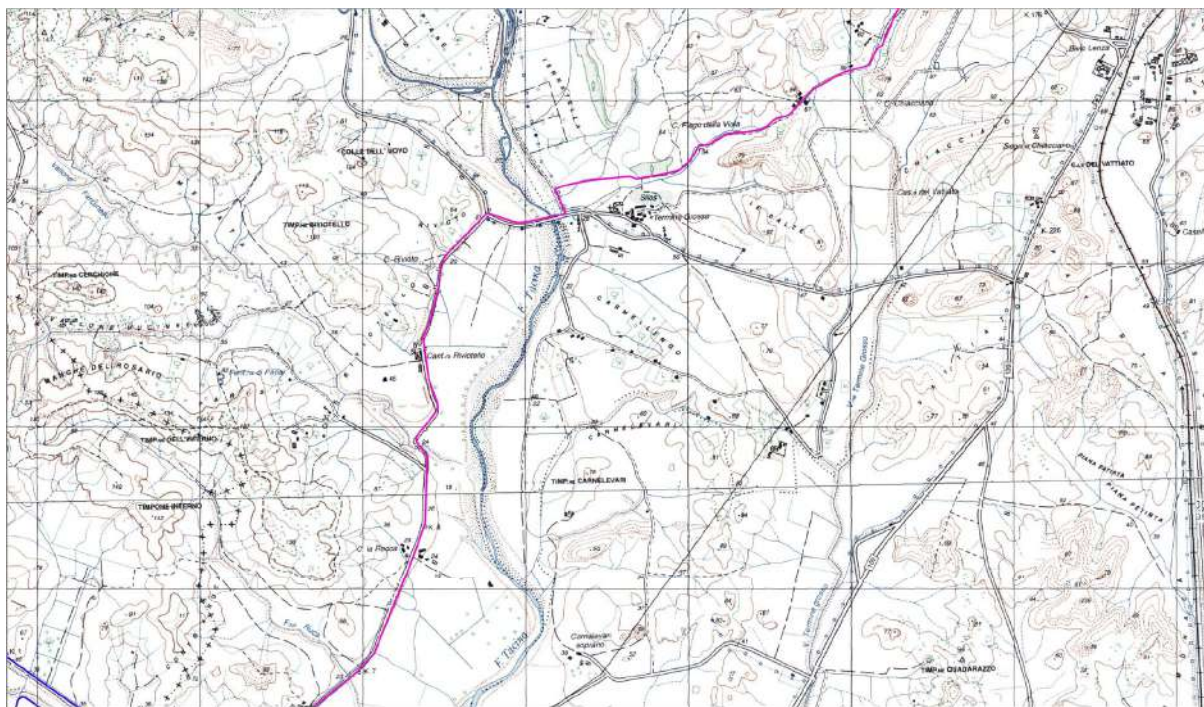
Figura 1.2 – ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
3 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|---------------------|
| ● wtg_rev06 | — cavidotti interno |
| ■ piazzole_definitive | ■ cabina utente |
| — cavidotto at esterno | ■ se cutro |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | |



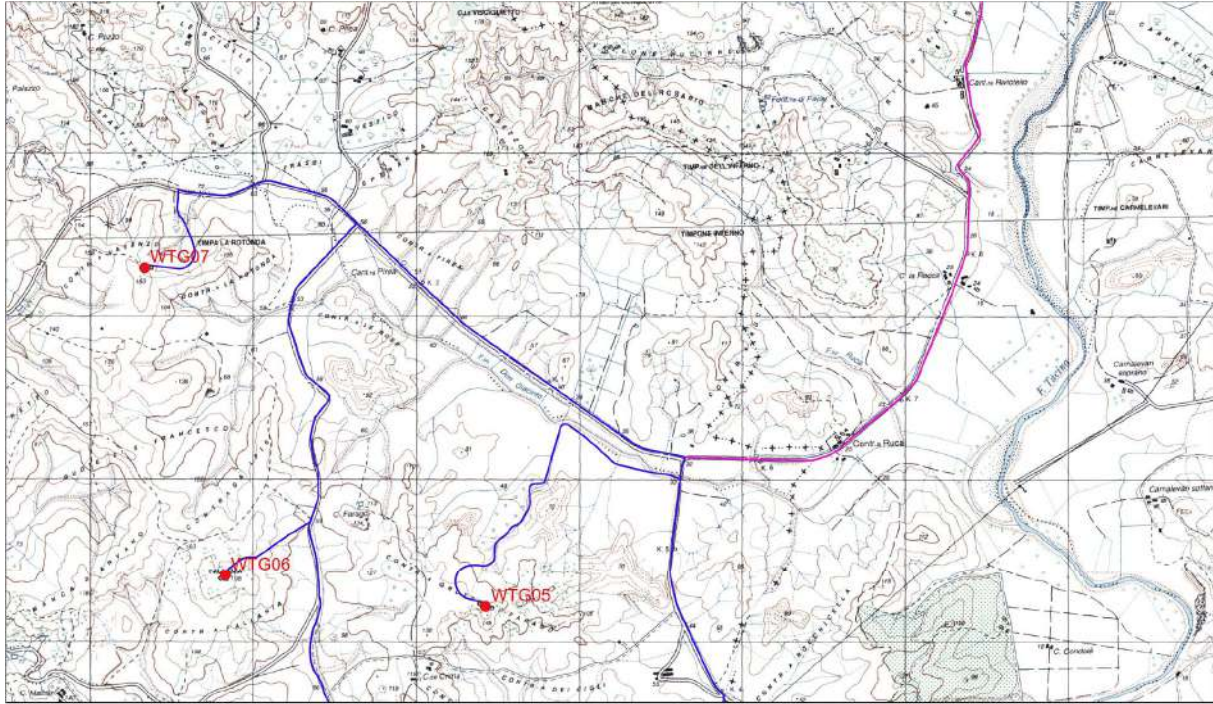
Figura 1.3 - ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
4 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|---------------------|
| ● wtg_rev06 | — cavidotti interno |
| ■ piazzole_definitive | ■ cabina utente |
| — cavidotto at esterno | ■ se cutro |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | |



Figura 1.4 - ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
5 di 63

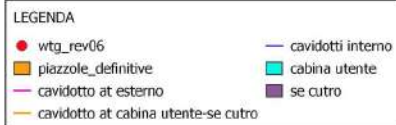
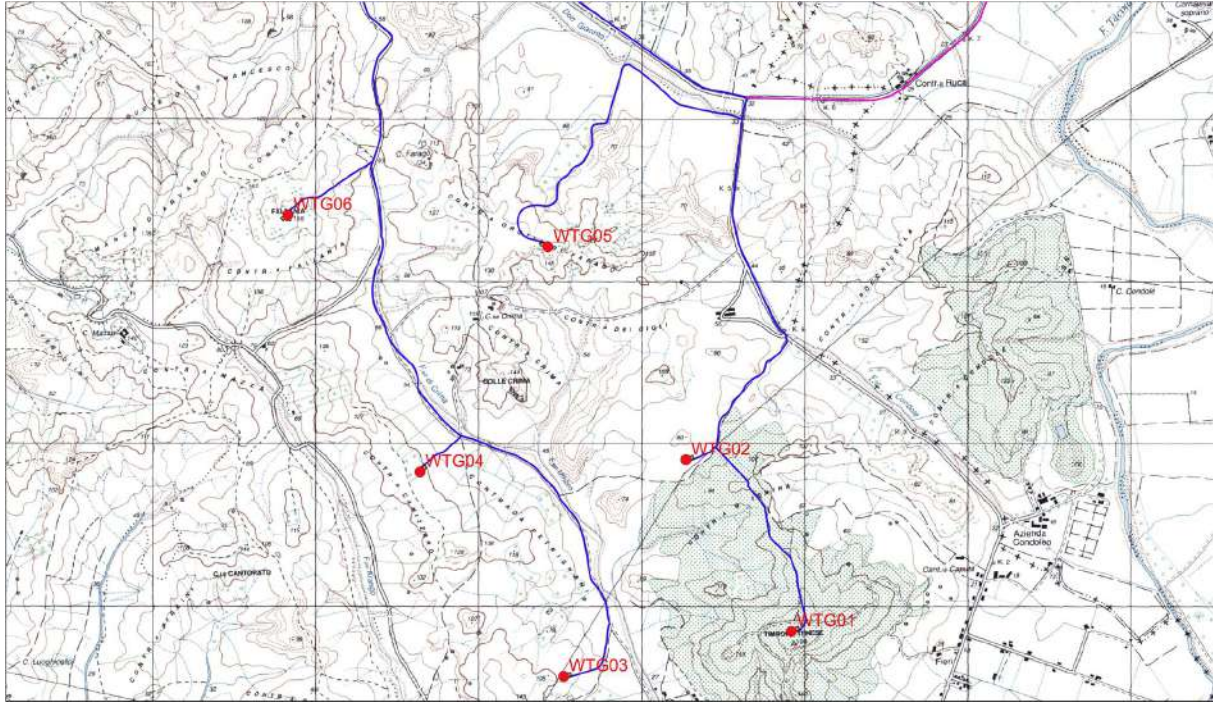


Figura 1.5 - ubicazione impianto eolico su stralcio IGM scala 1:25000

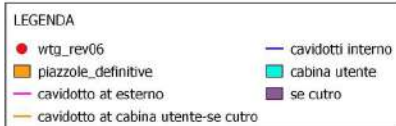
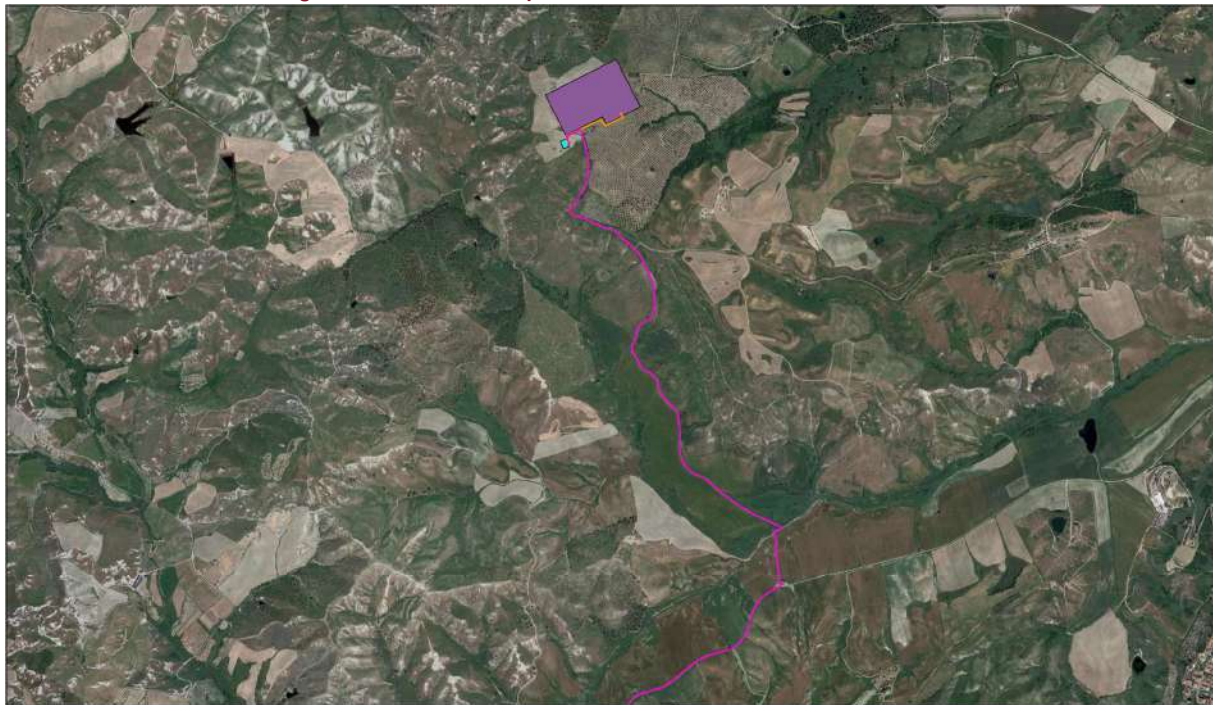


Figura 1.6 – ubicazione SE Cutro, Cabina Utente, Cavidotto AT interno, Cavidotto AT esterno su stralcio ortofoto scala 1:20000

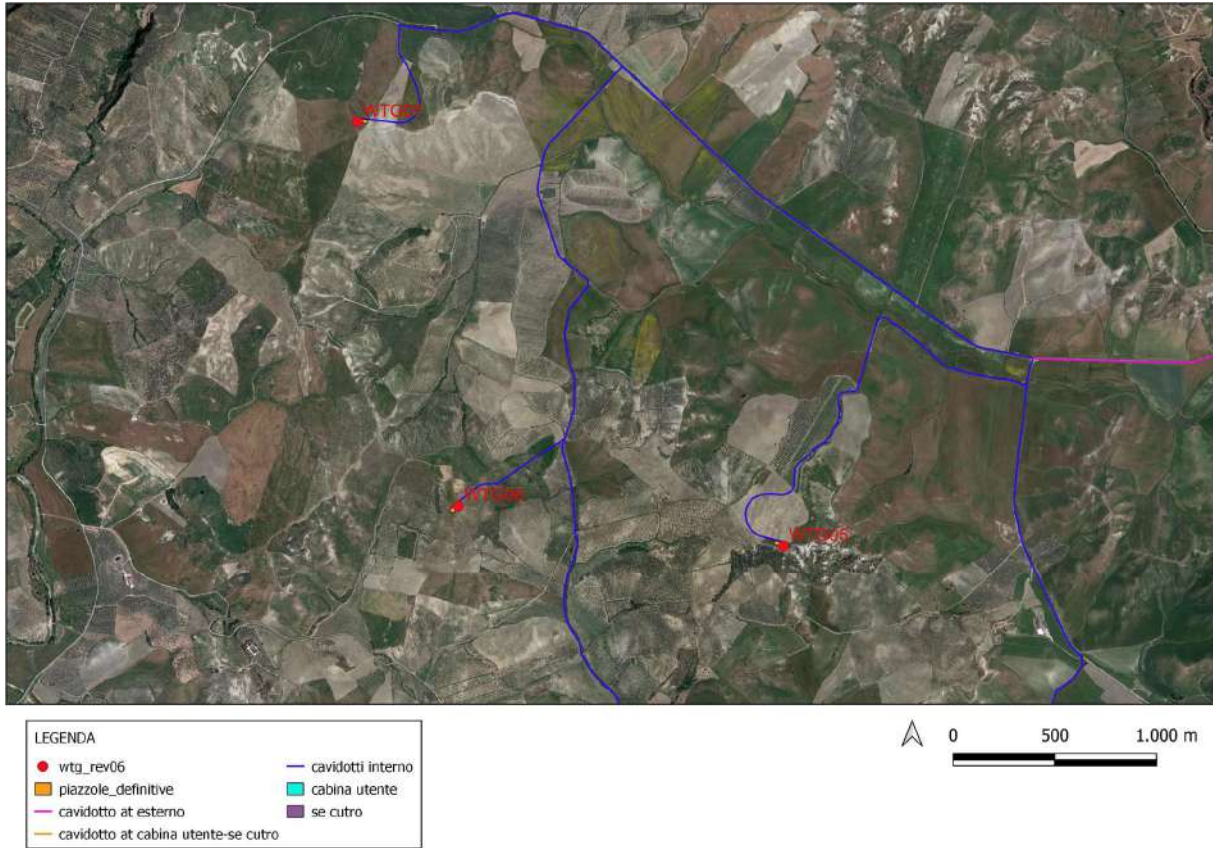


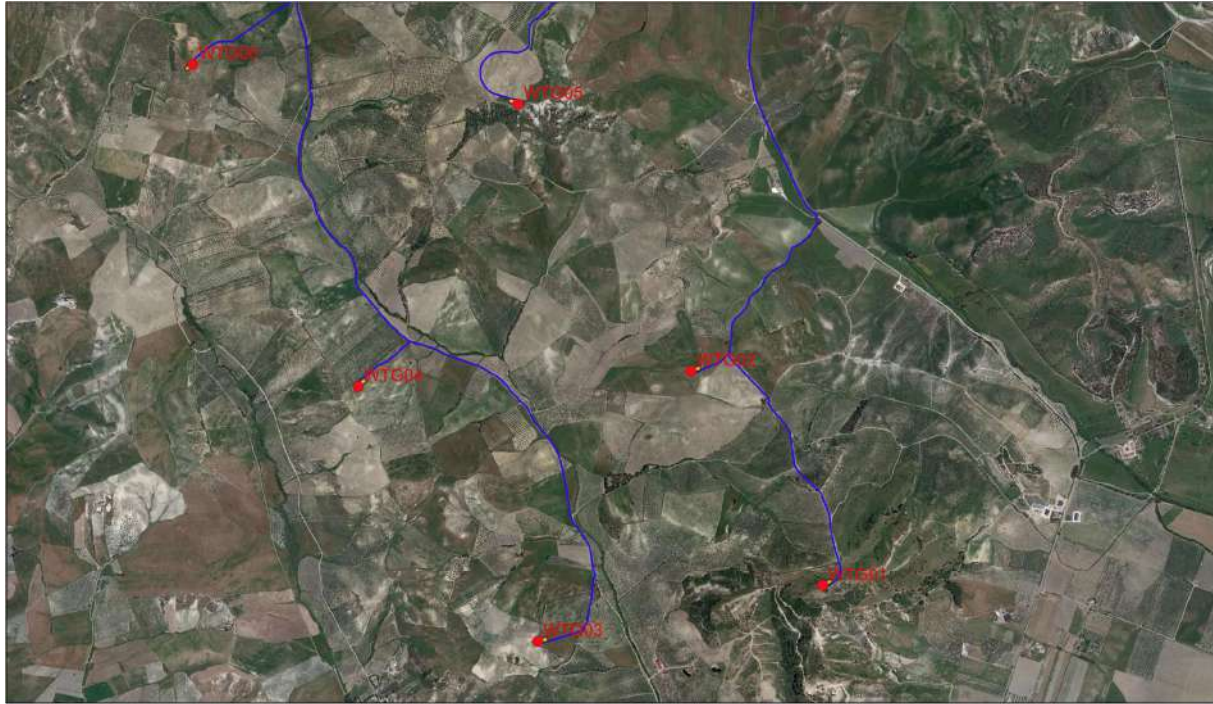
Figura 1.7 - ubicazione Cavidotto interno e aerogeneratori su stralcio ortofoto scala 1:20000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
7 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|---------------------|
| ● wtg_rev06 | — cavidotti interno |
| ■ piazzole_definitive | ■ cabina utente |
| — cavidotto at esterno | ■ se cutro |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | |



Figura 1.8 - ubicazione Cavidotto interno e aerogeneratori su stralcio ortofoto scala 1:20000

| | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 8 di 63 |

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M.LL.PP. del 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 9 Gennaio 1996: Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996: Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- D.M. 16 Gennaio 1996: Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.: Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
- Eurocodice 7 Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- Eurocodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni 2018: Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (GU n.35 del 11.02.2019 Suppl. Ordinario n. 5) Vigente dal: 11 2 2019.

| | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 9 di 63 |

3. BIBLIOGRAFIA

E. Cortese et alii (1887, 88, 89 e 90) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 237, S. Giovanni in Fiore.

E. Cortese et alii (1886, 87 e 88) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 242, Catanzaro.

Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale sede Calabria – cartografia PAI Alluvioni e PAI frane.

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 foglio 561 SAN GIOVANNI IN FIORE - A cura di A. Moretti, S. Vincenzi

Dott. Pietro Lorenzo - RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE - RIFACIMENTO ELETTROROTTO 150 kV "CALUSIA - CATANZARO" e connessione in modalità entra – esce della Nuova ST/NE "380 / 150 kV Belcastro"

4. IDENTIFICAZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI IN SITO

L'area in studio ricade nei Foglio 237 e Foglio 242 scala 1:100000 (Figura 4.1, Figura 4.2) della Carta Geologica d'Italia. Le successioni stratigrafiche, riferite alle formazioni affioranti nell'area in studio, è la seguente:

a: alluvioni (Olocene);

Pa₁₋₂: argille e marne grigie e biancastre zonate (Pliocene inf.-medio);

M³₂₋₃: sabbie bruno-chiare, stratificate, con intercalazioni minori di silt (Miocene sup.).

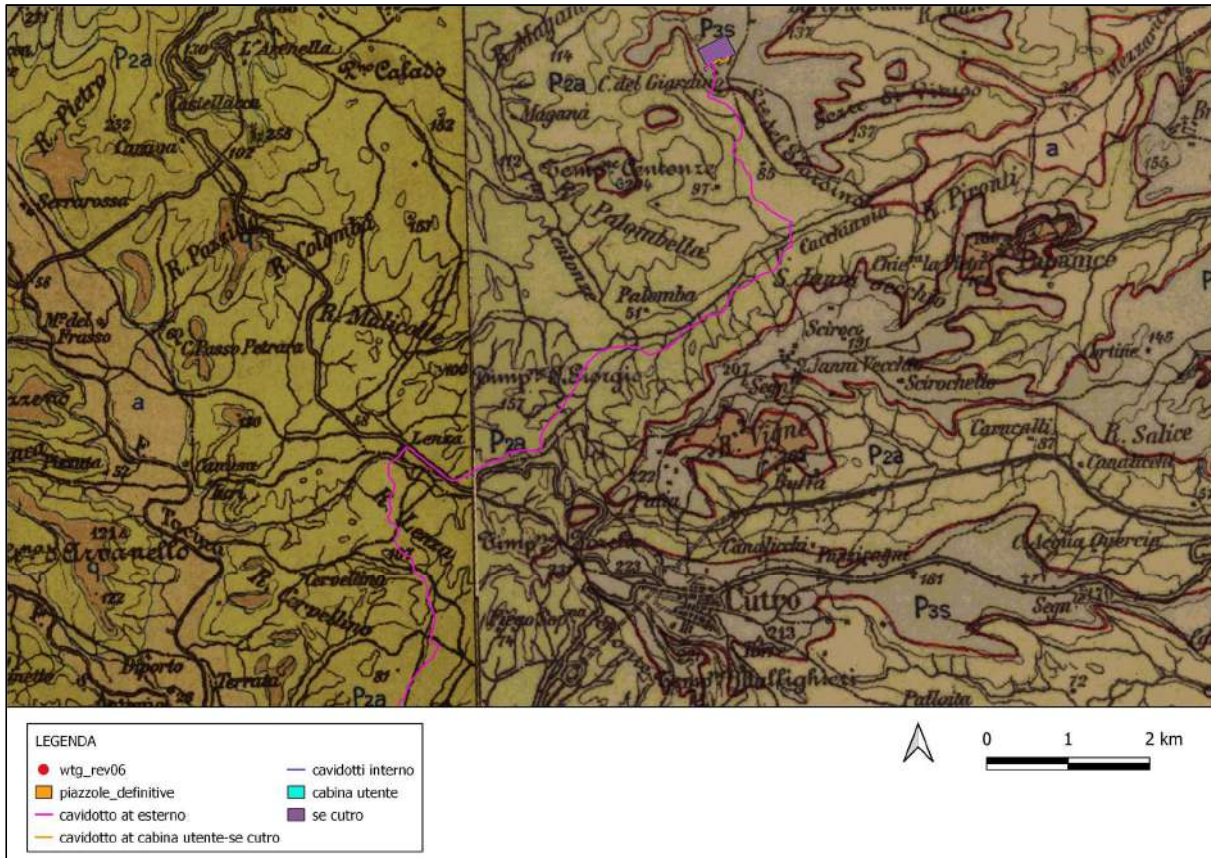


Figura 4.1 – ubicazione parco eolico su stralcio Carta Geologica scala 1:100000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
11 di 63

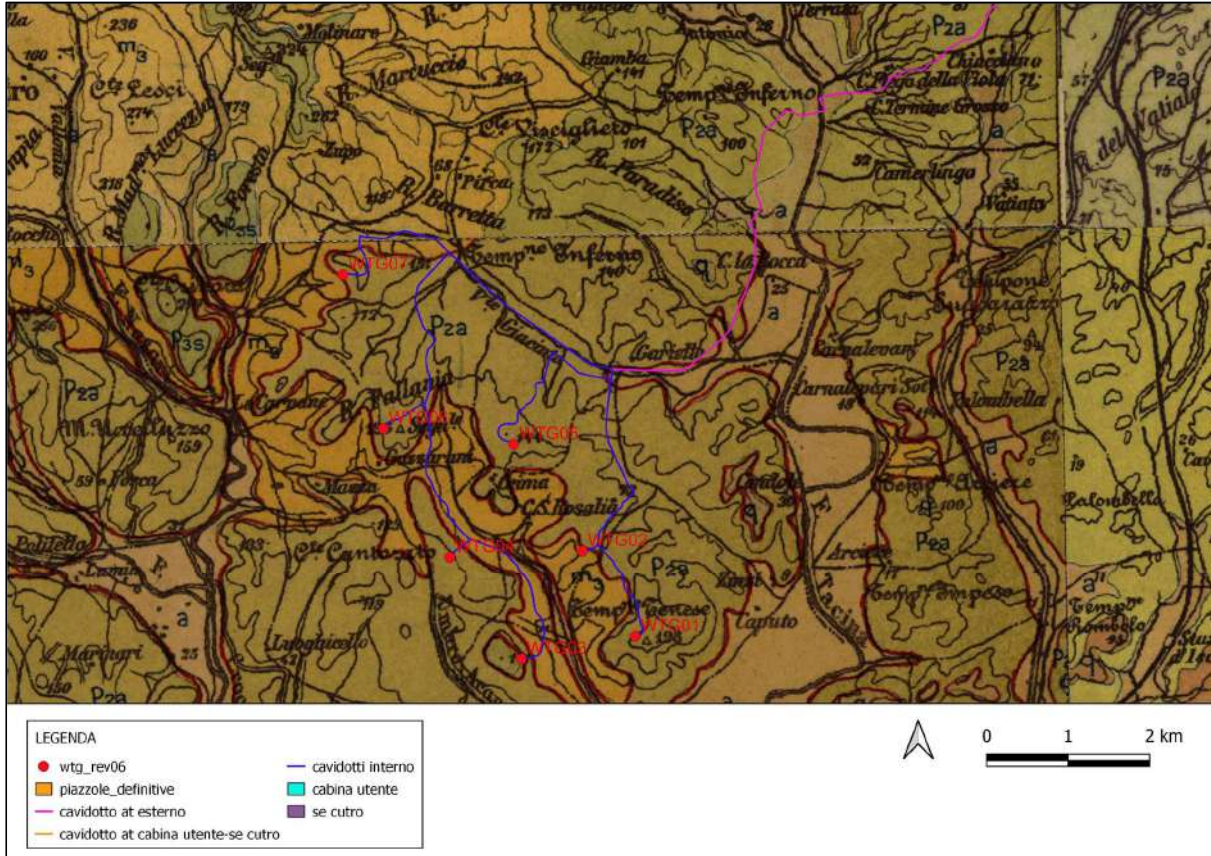


Figura 4.2 - ubicazione parco eolico su stralcio Carta Geologica scala 1:100000

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 12 di 63 |

5. STORIA GEOLOGICA DEL TERRITORIO

Come è noto, la Calabria fa parte di un tipico sistema di subduzione E-vergente, composto da tre elementi principali:

- a) una zona esterna ionica, formata da crosta oceanica di età cretacea, in fase di flessura e subduzione secondo un piano da sub-verticale a molto inclinato con immersione verso O, che si estende in profondità fino al largo delle coste tirreniche;
- b) un arco cristallino-metamorfico (Arco Calabro) formato da elementi di crosta continentale paleozoica e mesozoica in parte accavallati su elementi di piattaforma appenninica-panormide;
- c) un'area di espansione oceanica attiva nel Tirreno meridionale in posizione di bacino di retro-arco.

L'età del sistema geodinamico Tirreno-Arco Calabro-Ionio è relativamente recente e può essere stimata in circa 9 milioni di anni, a partire cioè dall'apertura, nel Tortoniano medio-superiore, del bacino tirrenico e dal conseguente distacco della microplacca Calabro-Peloritana dal margine meridionale del blocco Sardo-Corso fino a raggiungere la posizione attuale.

Il rapido arretramento della linea di flessura della litosfera ionica in subduzione ha guidato il roll-back dell'Arco verso la zona di avanfossa e la conseguente espansione del Bacino Tirrenico in posizione retro-arco (MALINVERNO & RYAN, 1986). Dal punto di vista geodinamico l'evoluzione del sistema è controllata dalla subduzione passiva della litosfera oceanica ionica, di età stimata tra 80 e 100 Ma, la quale a spese del proprio potenziale gravitazionale fornisce al sistema l'energia necessaria al mantenimento nell'area tirrenica delle deformazioni nell'Arco Calabro e del flusso di calore, con i fenomeni vulcanici associati (MORETTI & GUERRA, 1997, cum bib.).

Nell'intervallo temporale compreso tra il Tortoniano superiore ed il Pleistocene medio (9-0.7 ma), la velocità di deriva dell'Arco Calabro-Peloritano verso SE viene stimata in circa 4-5 cm/anno. In questo periodo nel Bacino Crotonese, come in gran parte delle aree litorali ioniche e nella bassa valle del Crati, rimane attiva una modesta subsidenza, controllata da sistemi di faglie normali orientate circa NO-SE, che permette ripetute ingressioni marine con la conseguente deposizione di una serie di cunei detritici i quali, organizzati in più sequenze deposizionali, si alimentano dalla catena cristallina già emersa ed in fase di smantellamento, situata, nei settori settentrionali, circa in corrispondenza dell'attuale area silana.

Nell'intervallo Pliocene-Pleistocene inferiore i movimenti orogenetici ed il sollevamento della catena rimangono relativamente quiescenti fino al quasi completo smantellamento dell'area emersa, di cui rimangono evidenti testimonianze negli ampi altopiani calabresi (Piani di Aspromonte, Serre, Altopiano della Sila, ecc.), nei suoli molto evoluti ad essi associati e nei tratti fossili di molti corsi di acqua che, ora profondamente incassati, conservano tuttavia l'andamento meandriforme tipico delle morfologie pianeggianti.

In questo periodo di relativa calma tettonica, la Calabria continua comunque la sua migrazione verso SE. A testimonianza di una ben diversa posizione paleogeografica della regione nel Pliocene inferiore rimangono, nel Bacino Crotonese, i conglomerati fluviali della Formazione delle Carvane (RODA, 1964; MORETTI, 1993) alimentati da elementi calcarei o quarzo-arenitici provenienti dall'attuale Appennino meridionale.

Contemporaneamente il paleo-bacino ionico, una volta esteso almeno fino a nord dell'area Lagonegrese (FINETTI et alii, 1996) viene progressivamente consumato nei suoi settori settentrionali e meridionali fino alla collisione ed all'accavallamento delle unità appenniniche sopra la piattaforma Apula, verso nord, e quella Sicana verso sud.

Si individuano quindi due grandi "binari" litosferici a scorrimento trascorrente che consentono l'avanzamento differenziale verso E-SE dell'Arco rispetto sia alla catena appenninica (linea del Pollino e linea di Palinuro) che al blocco siculo-maghrebide (linea di Taormina) fino alla posizione attuale.

All'inizio del Pleistocene medio (0.7 Ma) la dinamica dell'Arco Calabro cambia in maniera significativa: si attivano forti movimenti verticali (fino a 2 mm/a) che portano la regione ad emergere nella sua configurazione attuale mentre molte delle faglie più antiche, orientate NO-SE vengono sostituite da elementi orientati N-S (Valle del Crati, Faglia del Marchesato). A causa della progressiva chiusura del residuo oceano ionico-

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 13 di 63 |

lagonegrese verso nord e del conseguente rallentamento del movimento nei settori settentrionali, la Calabria si scompone in una serie di grandi elementi crostali delimitati da faglie dirette o trascorrenti che mostrano, nel complesso, un avanzamento verso E maggiore nei settori meridionali, dove la flessura litosferica e la subduzione sono ancora attive, rispetto a quelli settentrionali, dove la placca calabra è oramai giunta, nel Golfo di Sibari, a contatto con il blocco Apulo.

5.1. Il bacino crotonese

Con il termine Bacino Crotonese (BC) viene tradizionalmente indicata, nella letteratura geologica, la vasta estensione di depositi neogenici compresa tra le pendici orientali della Sila ed il mare Ionio (OGNIBEN, 1955; RODA, 1964; MORETTI, 1993). Strutturalmente questa unità geologica è formata da un esteso sistema di semigraben a ribassamento orientale con geometria tipo piggy-back e si configura come un bacino di avanti-arco interposto tra l'asse N-S della catena cristallina ad O ed il sistema dei thrust esterni che compongono il cuneo di accrezione attivo nell'off-shore ionico (FINETTI & DEL BEN, 1986; MORETTI & GUERRA, 1997; VAN DIJK et alii, 2000).

Il Bacino si estende sull'area emersa per circa 1200 kmq e corrisponde geograficamente all'area del Marchesato, limitata a SO dalla penisola di Crotone ed a NO da quella di Cirò. Il suo margine occidentale coincide con la Faglia del Marchesato, importante elemento crostale N-S attivo a partire dal Pleistocene medio fino all'Attuale, con geometria normale e ribassamenti verso E fino a circa 1000 m. La continuità dei depositi del Bacino è interrotta da un'imponente sistema di faglie trascorrenti E-O in corrispondenza della dorsale di S.Nicola dell'Alto, attive con rigetti di molte centinaia di metri dopo il Messiniano e, con ogni evidenza, ancora nel Pleistocene. A S di tale struttura affiorano di prevalenza i terreni più recenti (messiniano-pleistocenici), mentre nel settore orientale sono rappresentati i depositi più profondi (serravalliano-messiniani).

A grande scala la successione stratigrafica è composta da una serie di cunei detritici formati da materiale cristallino e metamorfico alimentato dall'area silana, che sfumano progressivamente, procedendo verso le coste ioniche, in successioni arenacee e calcoarenitiche, quindi marnoso-calcaree ed infine francamente pelitiche nei settori orientali. Le diverse sequenze sedimentarie sono separate da evidenti superfici di non-conformità che passano, procedendo verso il mare aperto, in alternanze di depositi arenacei e pelitico-marnosi.

Nell'estremità sud-orientale del Bacino, in corrispondenza della Penisola di Crotone, le formazioni plio-pleistoceniche sono costituite da una potente successione di marne argillose, ciclicamente interrotte da livelli tripolacei e sapropelitici (COLALONGO et alii, 1981; NEGRI et alii, 2003, cum bib.); la sedimentazione è qui evidentemente continua e solo alcuni livelli arenacei di origine terrigena segnalano le fasi erosive e di ringiovanimento tettonico attive sul bordo occidentale del bacino (OGNIBEN, 1973, cum bib.).

Il cuneo sedimentario raggiunge il suo massimo spessore in corrispondenza del litorale crotonese e comprende oltre alle argille marnose plio-pleistoceniche anche una spessa successione evaporitica, nella quale sono intercalate grandi falde alloctone di argille scagliose cretache messe in posto durante la fase tettonica intramessiniana (OGNIBEN, 1955 e 1973; BRONZINI, 1959; CRESCENTI, 1972). Dal punto di vista stratigrafico, sono riconoscibili nel Bacino almeno 6 sequenze deposizionali di ordine maggiore, delimitate da superfici di non-conformità di estensione regionale, la cui distribuzione e facies è strettamente controllata dall'evoluzione tettonica della catena. Il complesso dei depositi del Bacino può essere distinto in due gruppi principali, affioranti in gran parte rispettivamente a N ed a S della dorsale di S.Nicola dell'Alto.

Il primo gruppo, pre-Tortoniano, è formato da potenti sequenze di depositi terrigeni, che esprimono nel loro complesso meccanismi deposizionali di elevata energia gravitativa (torbiditi, debris flow, olistoliti), controllati da rapidi movimenti di subsidenza tettonica e caratterizzati da abbondante produzione di materiale da parte della catena. Al momento attuale possiamo riferire questo gruppo ad un ambiente di avanfossa prossimale e/o di bacino di piggy-back in posizione di avanti-arco, esterna alla catena calabra ancora in fase di costruzione attiva.

Il secondo gruppo, Tortoniano-Messiniano inferiore, è separato dal precedente da una importante fase erosiva, ed è caratterizzato generalmente da una scarsa produzione terrigena e da bassi tassi di sedimentazione, dalla dominanza di facies organogene e da una tettonica di carattere prevalentemente estensionale. Dal punto di

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 14 di 63 |

vista regionale possiamo riferire questo gruppo all'inizio del rifting tirrenico ed al conseguente roll-back passivo della catena verso l'avanfossa ionica-lagonegrese in fase di rapido arretramento.

Un gruppo a parte è costituito dai depositi evaporitici messiniani, la cui evoluzione e strutturazione è dominata da estesi movimenti tangenziali tettono- gravitativi che interagiscono in maniera complessa con i peculiari processi sedimentari tipici del bacino iperalino. A questa fase sono da riferire, per esempio, le estese colate gravitative di argille scagliose cretacee a N di Zinga, ma anche raddoppi e rovesciamenti della successione evaporitica.

La sedimentazione nel Bacino termina improvvisamente nel Pleistocene medio con il rapido sollevamento regionale della catena. Di questo evento, ben noto e praticamente isocrono in tutte le catene peritirreniche (evento 700.000), rimangono nell'area centrale modestissime testimonianze, mentre sono estremamente ben conservate negli ampi terrazzi marini della Vrica - Capo Rizzuto - Le Castella verso S (GLIOZZI, 1988) e nella bassa Valle del Crati - Piana di Sibari – Golfo di Taranto verso N (GLIOZZI, 1988; OGNIBEN, 1971).

5.2. Cenni di geomorfologia e paleogeografia

Dal punto di vista geomorfologico, l'area si presenta divisa in tre porzioni ben distinte.

La prima, corrispondente all'Altopiano Silano, pur essendo quella situata a quote maggiori (dai 900 ai 1200 m nell'area rilevata) si presenta con morfologie rotondeggianti e molto evolute, con versanti poco acclivi ed ampie superfici di spianamento spesso ricoperte da depositi quaternari sabbiosi o ciottolosi.

La seconda è formata dalle profonde incisioni vallive e dai ripidi versanti che intaccano il margine silano e, controllati da un esteso sistema di faglie normali pleistoceniche, conducono alla vasta estensione dei depositi neogenici del Bacino Crotonese.

La terza, formata appunto dalle formazioni neogeniche sin-post-orogenetiche, presenta comunque morfologie notevolmente articolate, con prevalenza di formazioni tabulari (ben sviluppate nelle formazioni evaporitiche o calco-arenitiche) incise da profondi alvei torrentizi o fiumare, che sfumano progressivamente verso E in ampie plaghe argillose.

La caratteristica morfologica più saliente dell'Altopiano Silano è la presenza di ampie superfici di spianamento (Figura 5.1, Figura 5.2, Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5), le quali rappresentano i relitti di un'unica superficie di ordine maggiore di età plio-pleistocenica, caratterizzata da una copertura detritica-residuale arenaceo-conglomeratica (formazione di Castelsilano) profondamente alterata e tipicamente arrossata (GUZZETTA, 1974). Questa superficie principale silana è da attribuirsi ad un periodo di lunga stabilità tettonica, da riferirsi verosimilmente all'intervallo Pliocene-Pleistocene medio (periodo della deposizione della successione di Belvedere di Spinello), durante il quale gli agenti atmosferici ed i corsi d'acqua hanno eroso profondamente i rilievi cristallini fino a raggiungere uno stadio di piena maturità caratterizzato, spesso, da un andamento meandriforme ancora oggi conservato in paleomorfologie o nei tratti incassati di alcune fiumare (Lese, Vitravo, Neto). La paleogeografia del periodo vedeva probabilmente una maggiore estensione dei bacini imbriferi verso NO rispetto agli attuali, con portate corrispondentemente maggiori: per esempio il fiume Mucone, che attualmente costituisce l'emissario del lago Cecita sfociando verso NO nel Crati, nel Pliocene alimentava lo stesso bacino lacustre confluendo, verso SE, nel fiume Lese. Quest'ultimo raccoglieva anche le acque di altri affluenti sviluppati sull'altopiano (Vitravo, Neto) e sfociava in un ampio golfo marino in corrispondenza dell'attuale Belvedere di Spinello.

La forte alterazione della superficie sommitale e dei depositi detritici correlati, che si associa spesso a veri e propri crostoni ferrallitici, testimonia l'evoluzione dell'altopiano in climi sub-tropicali caldo-umidi o caldo-aridi, durante i quali si ha forte evaporazione e risalita dell'acqua mineralizzata dal sottosuolo. Il profondo disfacimento che ha subito il cappellaccio silano, spesso trasformato in un "sabbione" incoerente, è stato peraltro favorito dalla facile alterabilità della componente feldspatica (prevalentemente plagioclasti) delle granodioriti dell'Unità della Sila; per contro i termini metamorfici e, soprattutto, i filoni aplitici, maggiormente resistenti all'alterazione, formano delle creste allungate che spiccano vistosamente dalle morfologie sommitali.

Il passaggio Pliocene-Pleistocene è marcato dalla deposizione locale di sedimenti torbosi fluvio-lacustri, che segnano il passaggio dal clima caldo-arido del Pliocene a quello freddo-umido del Pleistocene. Corrispondentemente, nell'area marina, si assiste all'ingressione dei primi ospiti freddi (*Hyalinea baltica* (Schroeter)). I sedimenti lacustri veri e propri sono osservabili solo nella zona della Fossia e del Lago Cecita (poco ad O dell'area rilevata) e sono costituiti da protovarve a granulometria finissima, alternate a strati di torba, strati e limi argillosi. Alla sommità della serie l'inizio dell'uplift silano è marcata dall'arrivo di conglomerati spigolosi e brecce sabbiose, di età medio-pleistocenica.

Corrispondentemente, la riattivazione delle faglie bordiere del massiccio conduce al suo rapido sollevamento (circa 1500 m in 700 Ka), cui consegue il ringiovanimento delle morfologie e dell'idrografia, la formazione di profonde incisioni fluviali e dei ripidi versanti della pre-Sila Crotonese. L'inizio del sollevamento regionale è marcato dall'intensa ripresa dell'erosione e del trasporto fluviale dei depositi silani, cui corrisponde, nei bacini adiacenti, la sedimentazione di imponenti pacchi di arenarie tipicamente arrossate (sabbie rosse di Timpa di Cassiano).

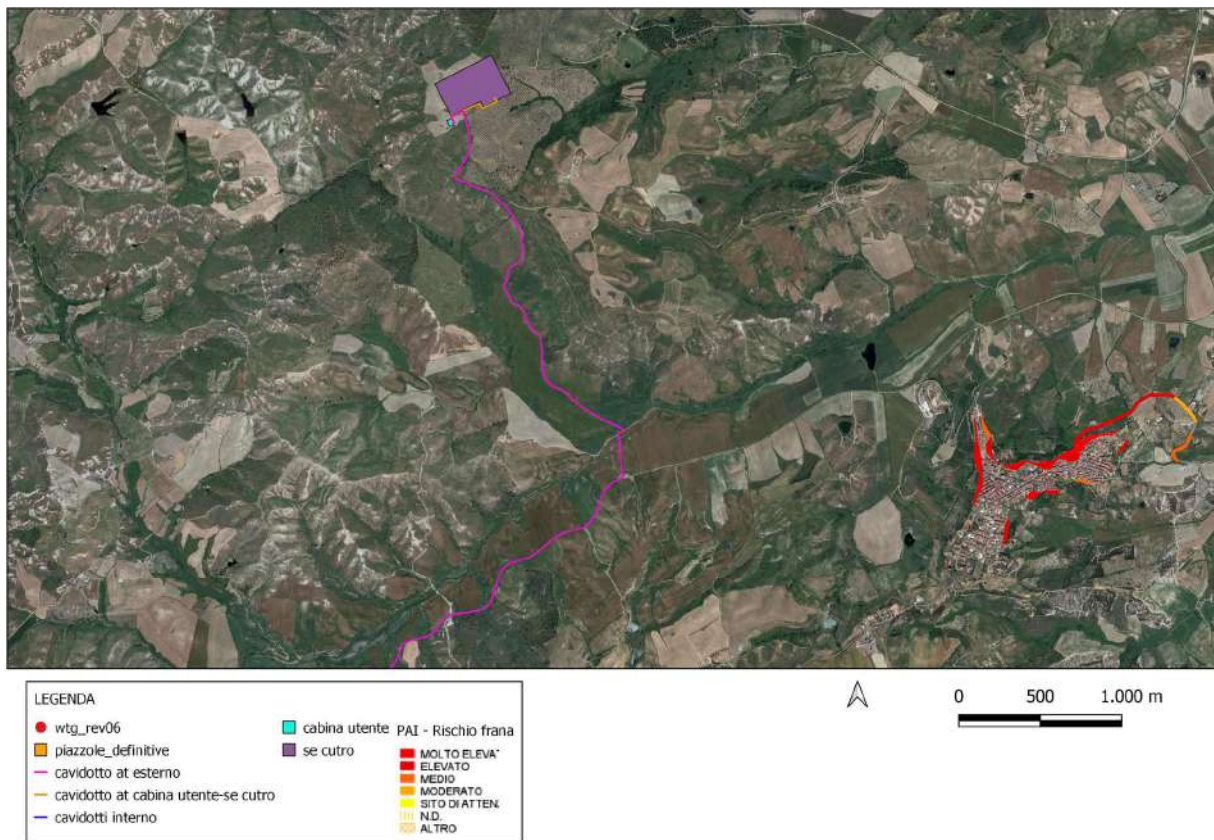


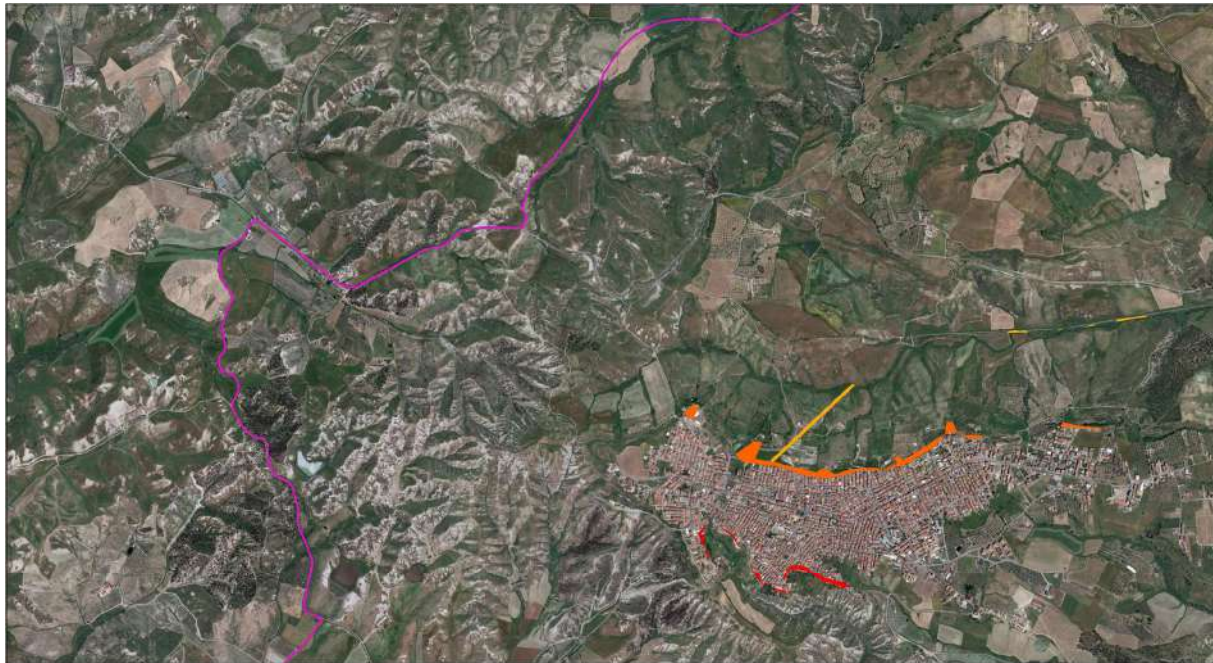
Figura 5.1 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
16 di 63

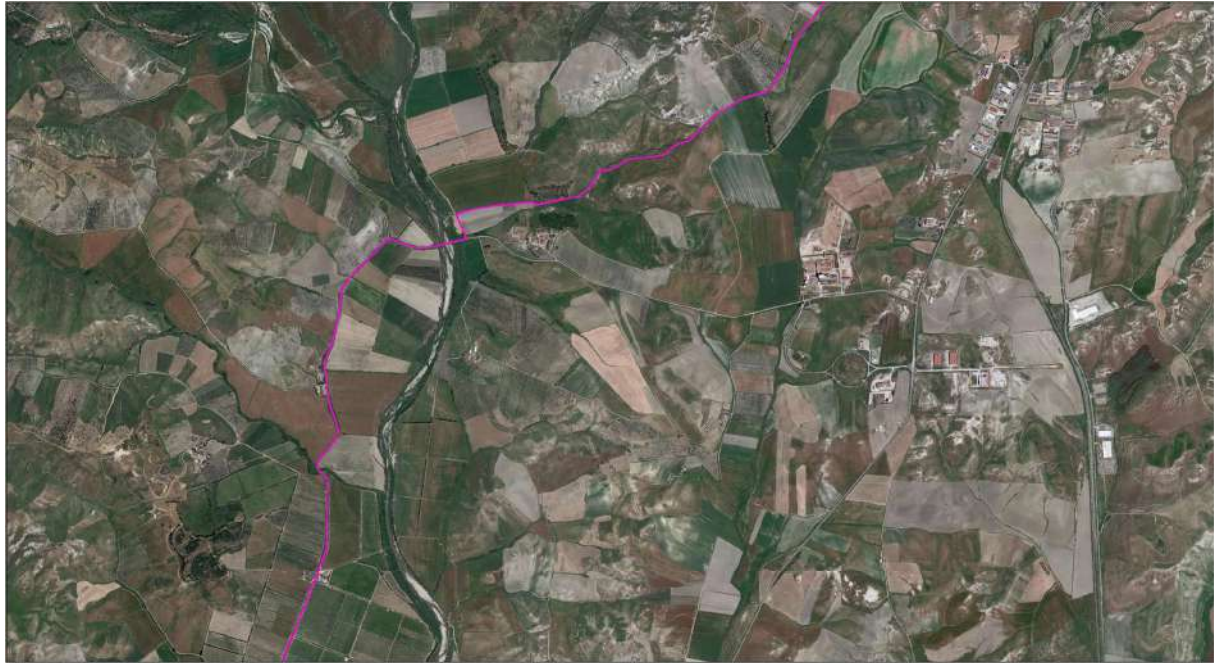


| LEGENDA | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| ● wtg_rev06 | cabina utente PAI - Rischio frana |
| ■ piazzole_definitive | se cutro |
| — cavidotto at esterno | ■ MOLTO ELEVA* |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ■ ELEVATO |
| — cavidotti interno | ■ MEDIO |
| | ■ MODERATO |
| | ■ SITO DI ATTEN. |
| | ■ N.D. |
| | ■ ALTRO |



0 500 1.000 m

Figura 5.2 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000



| LEGENDA | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● wtg_rev06 ■ piazzole definitive — cavidotto at esterno — cavidotto at cabina utente-se cutro — cavidotti interno | <ul style="list-style-type: none"> ■ cabina utente PAI - Rischio frana ■ se cutro ■ MOLTO ELEVATA ■ ELEVATO ■ MEDIO ■ MODERATO ■ SITO DI ATTEN. ■ N.D. ■ ALTRO |



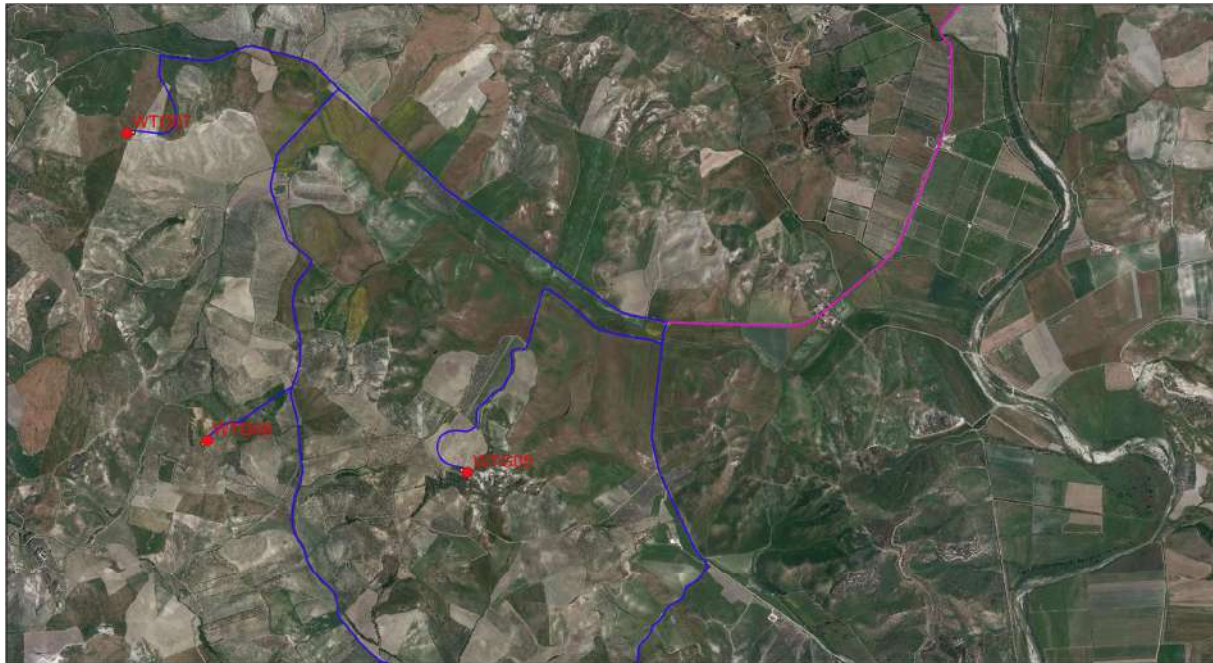
Figura 5.3 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
18 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| ● wtg_rev06 | ■ cabina utente PAI - Rischio frana |
| ■ piazzole_definitive | ■ se cutro |
| — cavidotto at esterno | ■ MOLTO ELEVATA |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ■ ELEVATO |
| — cavidotti interno | ■ MEDIO |
| | ■ MODERATO |
| | ■ SITO DI ATTEN. |
| | ■ N.D. |
| | ■ ALTRO |



0 500 1.000 m

Figura 5.4 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
19 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| ● wtg_rev06 | ■ cabina utente PAI - Rischio frana |
| ■ piazzole_definitive | ■ se cutro |
| — cavidotto at esterno | ■ MOLTO ELEVA* |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ■ ELEVATO |
| — cavidotti interno | ■ MEDIO |
| | ■ MODERATO |
| | ■ SITO DI ATTEN. |
| | ■ N.D. |
| | ■ ALTRO |



Figura 5.5 – ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio frana del PAI Calabria scala 1:25000

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 20 di 63 |

6. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il parco eolico in progetto si inserisce su di una fascia avente una larghezza di circa 3 km e una lunghezza di circa 5 km, interamente compresa nel territorio della Regione Calabria, nel comune di Belcastro (CZ). La sola sottostazione ricade nei confini comunali di Scandale (KR).

L'intero parco sarà ubicato in un'area essenzialmente sub pianeggiante, corrispondente ad un'antica piana alluvionale terrazzata., degradante verso la linea di costa, con una variazione di quote intorno ai 195 ai 60 m s.l.m.

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 21 di 63 |

7. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA DI DETTAGLIO DEL SITO

L'area di studio si sviluppa principalmente in direzione nord-sud e ricopre una zona sub pianeggiante, corrispondente ad un'antica piana alluvionale terrazzata (Figura 1.6, Figura 1.7, Figura 1.8).

La morfologia dominante nell'area studiata è rappresentata da una serie di terrazzi fluviali molto estesi interrotti da piane alluvionali di larghezza variabile. Si tratta di antichi depositi alluvionali, presenti in affioramenti allungati in direzione est-ovest che si poggiano con l'estremità orientale sui versanti miocenici pre-silani e sono separati dai principali corsi d'acqua. Si presentano con la tipica morfologia rappresentata da una superficie sub orizzontale delimitata su tre lati da scarpate verticali che mettono in evidenza, in molti casi, la stratigrafia del deposito alluvionale ed il substrato argilloso sul quale si sono sedimentate le alluvioni.

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 22 di 63 |

8. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DEL SITO

L'area indagata ricade geologicamente all'interno del Bacino di Crotone, dove occupa, in particolare, il margine meridionale.

Il Bacino di Crotone è un'area di sedimentazione che si è formata al bordo orientale della Sila e che è stata interessata dalla deposizione trasgressiva di terreni sedimentari dal Miocene medio al Pleistocene, direttamente sul substrato cristallino silano. La parte interna del bacino è stata ricoperta durante il Miocene medio da un mare non molto profondo che è avanzato su tutta l'attuale area del Bacino Crotonese fino al Pleistocene.

I depositi affioranti sono, pertanto, di natura prevalentemente argillosa, sabbiosa, conglomeratica e gessosa. Si tratta di sedimenti che si sono formati in continuità stratigrafica su una successione prettamente conglomeratico-arenacea di trasgressione sul cristallino silano.

La letteratura geologica (Roda, 1964 e 1967) distingue tre differenti cicli sedimentari che vanno dal Miocene medio al Pleistocene (Calabriano). Il primo ciclo inizia nel Miocene medio con la trasgressione elveziano-tortoniano; è rappresentato litologicamente da una successione conglomeratica e termina con il prosciugamento del bacino con la formazione di successioni litologiche evaporitiche. Il secondo ciclo inizia con una nuova apertura del bacino, la formazione di una successione evaporitica più recente, il successivo suo approfondimento con la deposizione della tipica successione di trasgressione con sedimenti prima più conglomeratici e poi sempre più fini fino al completo riempimento nel Pliocene inferiore. Nel Pliocene medio ha inizio, con un nuovo approfondimento del bacino, la terza ed ultima fase di sedimentazione con l'accumulo progressivo soprattutto di sedimenti detritici fino al Pleistocene.

Stratigraficamente, quindi, sono state riconosciute più formazioni geologiche affioranti non in modo costante in tutto il bacino. Al di sopra del basamento cristallino, individuabile al bordo occidentale del Bacino, sono state distinte Formazioni prettamente conglomeratico - arenacee (Formazione di San Nicola, Formazione di Carvane), prevalentemente sabbiose o arenacee (Formazione di Zinga, Formazione di Scandale, Formazione di San Mauro), argillose (Formazione di Ponda, Tripoli, Formazione di Cavalieri, Formazione di Spartizza, Formazione di Cutro) e gessose (Gessi, Formazione detritico saline, Formazione evaporitica superiore). Di queste successioni ben definite litologicamente e stratigraficamente (Roda, 1964 e 1967) affiorano nell'area di studio soprattutto i termini basali, corrispondenti al primo ciclo. I termini intermedi, appartenenti al ciclo evaporitico, e quelli di chiusura sono presenti solo parzialmente.

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 23 di 63 |

9. TETTONICA

Il Bacino di Crotonese è stato interessato da un'intensa attività tettonica sia sinformazionale che successivamente alla chiusura del bacino.

La letteratura scientifica ha riconosciuto nei depositi medio pliocenico – pleistocenico un sistema di faglie di distensione post calabriane ad andamento NNE-SSW, cioè parallele al bordo occidentale del Bacino Crotonese. Roda (1964), in particolare, distingue due tipi di faglie entrambi ad andamento parallelo al bordo del bacino. Nel primo tipo è rialzato il labbro interno, nel secondo il labbro esterno. Questo andamento, con il secondo tipo a formare una serie di gradoni discendenti dall'esterno all'interno del bacino collegate tra loro da faglie di primo tipo, porta alla formazione horts e graben.

Questo sistema di faglie, soprattutto quelle formatesi successivamente alla deposizione del Calabriano, ha coinvolto anche i depositi del messiniano - infrapliocenico.

Nella porzione di Bacino Crotonese indagata per questo lavoro sono presenti soprattutto i sistemi di faglie di distensione ad andamento NNE-SSW, cioè parallele al bordo del bacino, riscontrabili nei depositi argillosi pleistocenici. Sono presenti, comunque, anche faglie ad andamento N-S, E-W e di direzione appenninica.

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 24 di 63 |

10. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DI DETTAGLIO

L'area di studio ricade a cavallo di più distinti bacini idrografici: quello del Fiume Tacina, che sfocia al confine con la Provincia di Catanzaro, quello del Fiume Crocchio che si sviluppa e attraversa il territorio della Provincia di Catanzaro e sfocia nel Mar Ionio. I due corsi d'acqua con i loro affluenti si sviluppano quasi sempre parallelamente all'area in studio, con una direzione circa NW-SE (Figura 10.1, Figura 10.2, Figura 10.3, Figura 10.4, Figura 10.5).

Il bacino del Fiume Tacino in quest'area, vede la presenza sia del Fiume omonimo che del Fiume Soleo e della Fiumara di Mesoraca, importanti suoi affluenti destro. Questi corsi d'acqua presentano un andamento est-ovest e, dopo aver attraversato in valli strette i rilievi cristallini, scorrono in vallate che diventano sempre più ampie in direzione del mare.

Il Fiume Crocchio nasce dalla parte più alta del rilievo silano, ad una quota superiore ai 1600 m slm; si sviluppa, come il suo principale affluente, il Fiume Nàsari, principalmente in direzione nord-ovest sud-est, attraversando prima terreni del complesso igneo-metamorfico in valli strette e approfondite e successivamente valli più ampie in presenza di depositi plio – pleistocenici.

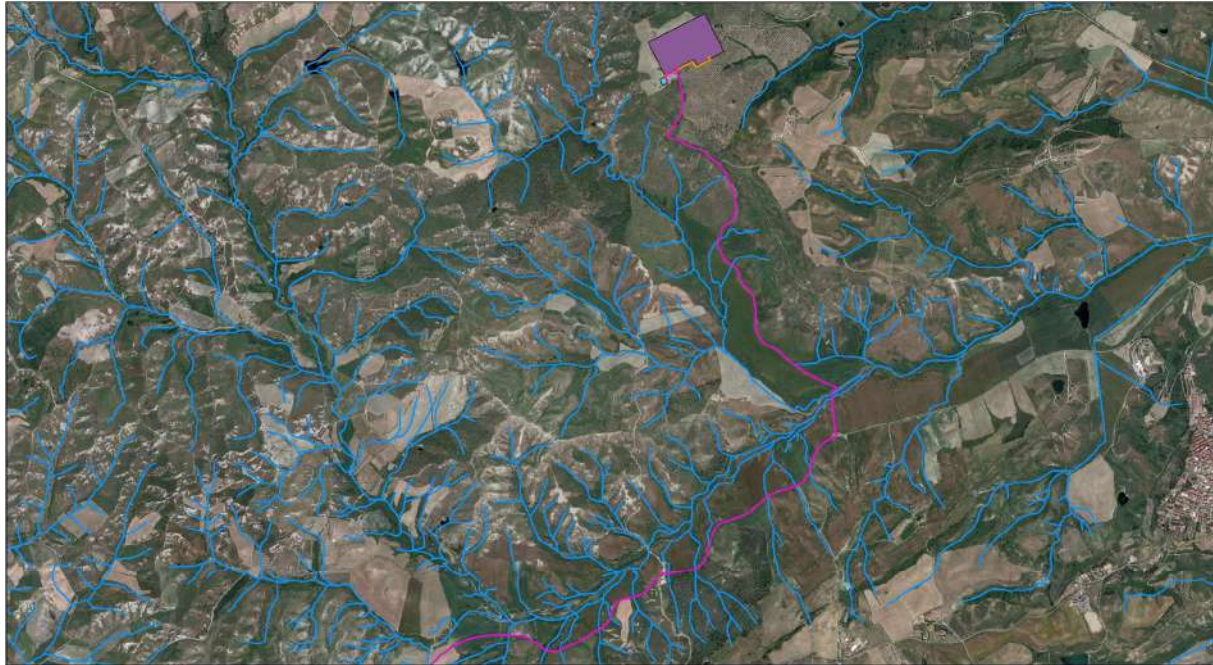
Lo sviluppo dei reticoli idrografici è condizionato dalla natura geologica e tettonica dell'area di studio. L'andamento dei corsi d'acqua riflette, infatti, notevolmente l'allineamento tettonico che caratterizza l'area.

Nell'area collinare è presente un reticolo idrografico abbastanza articolato con una gerarchizzazione dei corsi d'acqua in alcuni casi fino al 4° ordine. Tale sviluppo riflette la natura poco permeabile di alcuni terreni affioranti in quest'area.

L'impianto in progetto, soprattutto nel percorso del cavidotto, interferisce in molti tratti con il reticolo idrografico (Figura 10.1, Figura 10.2, Figura 10.3, Figura 10.4, Figura 10.5). Pertanto, si consiglia di utilizzare, per le interferenze sia con gli impluvi cartografati dalla carta idrogeomorfologica che gli impluvi non cartografati si prevede, dove non sarà possibile realizzare lo scavo in maniera classica, la metodologia della Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC), che si articola secondo tre fasi operative:

- 1) esecuzione del foro pilota: questo sarà di piccolo diametro e verrà realizzato mediante l'utilizzo dell'utensile fondo foro, il cui avanzamento all'interno del terreno è garantito dalla macchina perforatrice che trasmetterà il movimento rotatorio ad una batteria di aste di acciaio alla cui testa è montato l'utensile fresante. La posizione dell'utensile sarà continuamente monitorata attraverso il sistema di localizzazione;
- 2) trivellazione per l'allargamento del foro fino alle dimensioni richieste: una volta completato il foro pilota con l'uscita dal terreno dell'utensile fondo foro (exit point) verrà montato, in testa alla batteria di aste di acciaio, l'utensile per l'allargamento del foro pilota, di diametro superiore al precedente, e il tutto viene tirato verso l'impianto di trivellazione (entry point). Durante il tragitto di rientro del sistema di trivellazione, l'alesatore allargherà il foro pilota;
- 3) tiro della tubazione o del cavo del foro: completata l'ultima fase di alesatura, in corrispondenza dell'exit point verrà montato, in testa alle condotte da posare già giuntate tra loro, l'utensile per la fase di tiro-posa e questo viene collegato con l'alesatore. Tale utensile ha lo scopo di evitare che durante la fase di tiro, il movimento rotatorio applicato al sistema dalla macchina perforatrice non venga trasmesso alle tubazioni. La condotta viene tirata verso l'exit point.

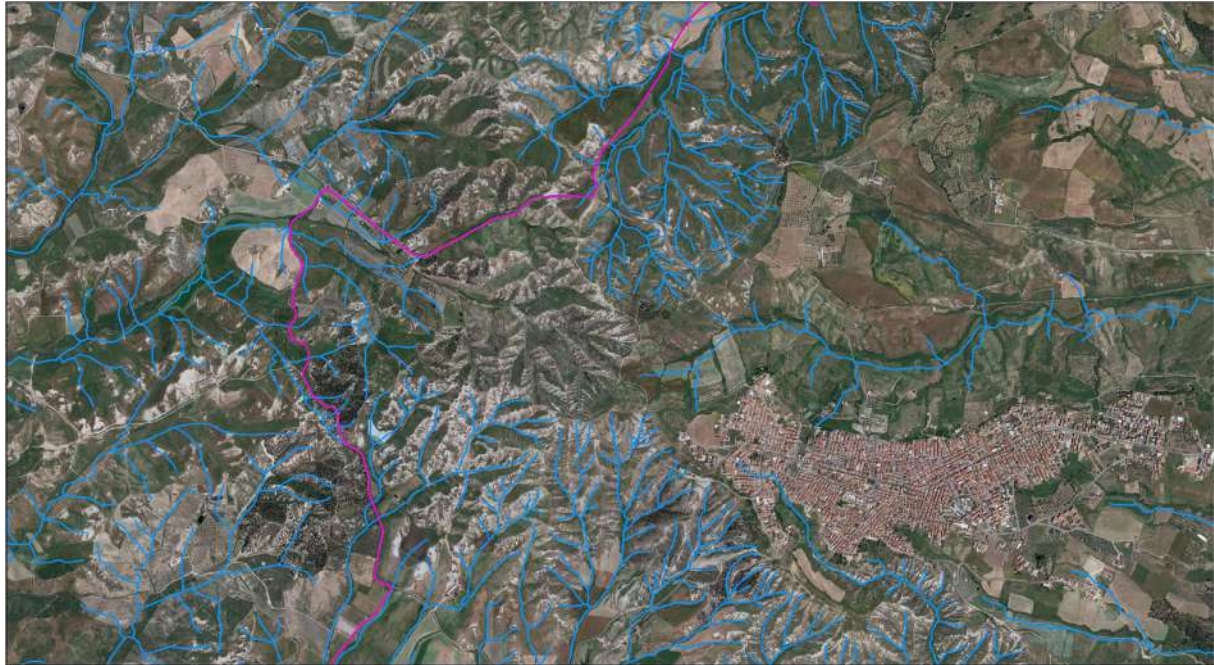
Raggiunto il punto di entrata la posa della condotta si può considerare terminata (Figura 10.6).



| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| LEGENDA | | | |
| ● wtq_rev06 | ■ cabina utente | Fiumi e torrenti | Elementi idrici |
| ■ piazzole_definitive | ■ se cutro | ~ Fiumi e torr | ~ Elementi ic |
| — cavidotto at esterno | Fiumi principali e secondari | ~ Watercours | ~ Watercour |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ~ Fiumi principali e se | | Corsi d'acqua |
| — cavidotti interno | ~ Watercourse | | ~ Corsi d'ac |
| | | | ~ Watercour |



Figura 10.1 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d'acqua scala 1:25000



| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| LEGENDA | | | |
| ● wtg_rev06 | ■ cabina utente | Fiumi e torrenti | Elementi idrici |
| ■ piazzole_definitive | ■ se cutro | ~ Fiumi e torr | ~ Elementi ic |
| — cavidotto at esterno | Fiumi principali e secondari | ~ Watercours | ~ Watercour |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ~ Fiumi principali e se | ~ Watercourse | Corsi d'acqua |
| — cavidotti interno | ~ Watercourse | | ~ Corsi d'ac |
| | | | ~ Watercour |



Figura 10.2 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d'acqua scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
27 di 63



| LEGENDA | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|
| ● wtg_rev06 | ▣ cabina utente | Fiumi e torrenti | Elementi idrici |
| ▣ piazzole_definitive | ▣ se cutro | ▣ Fiumi e torr | ▣ Elementi ic |
| ▣ cavidotto at esterno | ▣ Fiumi principali e secondari | ▣ Watercours | ▣ Watercour |
| ▣ cavidotto at cabina utente-se cutro | ▣ Fiumi principali e se | ▣ Watercourse | ▣ Corsi d'acqua |
| ▣ cavidotti interno | ▣ Watercourse | | ▣ Corsi d'ac |
| | | | ▣ Watercour |



0 500 1.000 m

Figura 10.3 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d'acqua scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
28 di 63



| LEGENDA | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|
| ● wtg_rev06 | ▣ cabina utente | Fiumi e torrenti | Elementi idrici |
| ▣ piazzole_definitive | ▣ se cutro | ▣ Fiumi e torrenti | ▣ Elementi idrici |
| ▣ cavidotto at esterno | ▣ Fiumi principali e secondari | ▣ Watercourse | ▣ Watercourse |
| ▣ cavidotto at cabina utente-se cutro | ▣ Fiumi principali e secondari | ▣ Watercourse | ▣ Corsi d'acqua |
| ▣ cavidotti interno | ▣ Watercourse | ▣ Watercourse | ▣ Corsi d'acqua |

Figura 10.4 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d'acqua scala 1:25000

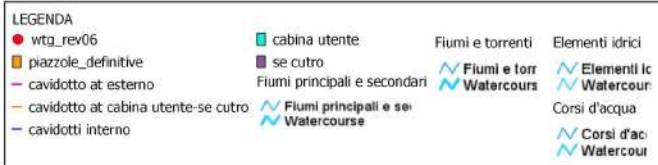


Figura 10.5 – ubicazione impianto eolico su stralcio della carta dei corsi d'acqua scala 1:25000

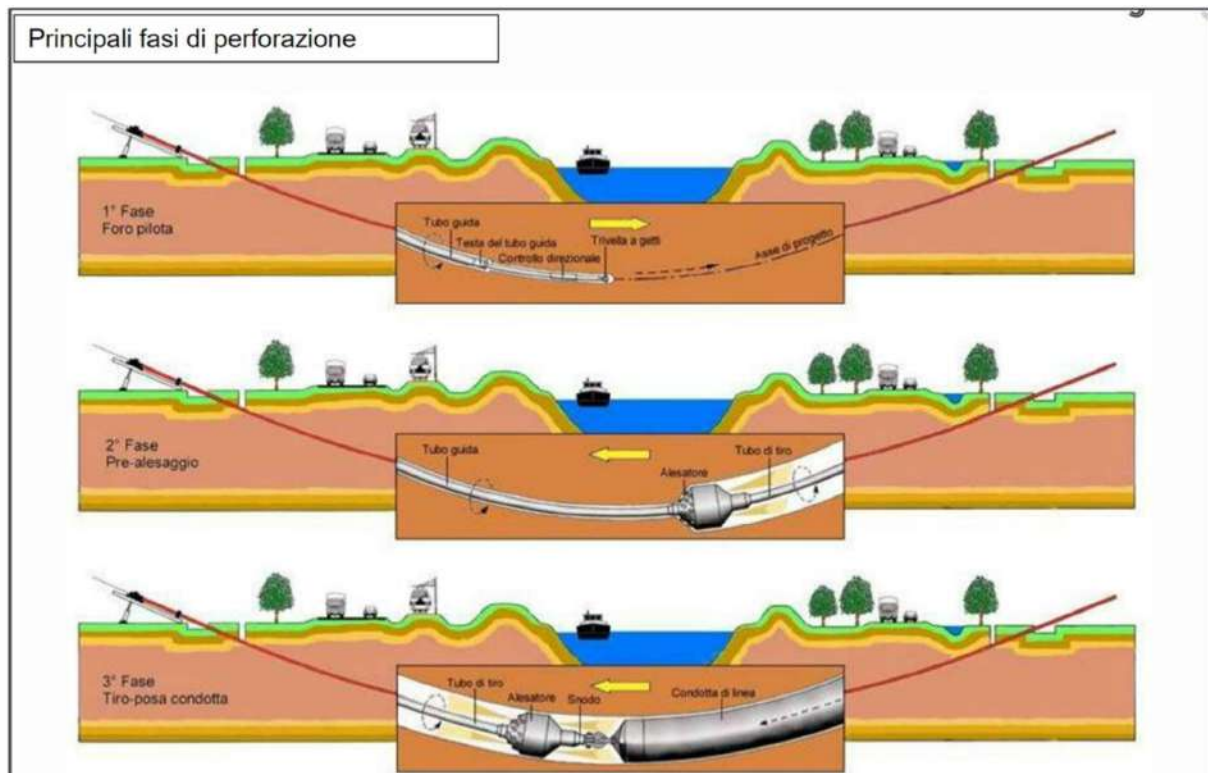


Figura 10.6 - Rappresentazione schematica di una TOC

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 30 di 63 |

11. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DI DETTAGLIO

I depositi di copertura quaternari ospitano una o più falde idriche, generalmente frazionate su più livelli. Le stratigrafie di numerosi pozzi per acqua esistenti in zona mostrano una successione di terreni sabbiosi-limosi-argillosi, permeabili, con ruolo di acquiferi, interstratificati con livelli limoso-argillosi, a minore permeabilità, con ruolo di acquitardi (strati semipermeabili) o acquicludi (strati impermeabili). La base della circolazione idrica è rappresentata dalle argille impermeabili.

L'acqua può rinvenirsi in condizioni di falda libera anche in livelli idrici più superficiali. Si tratta di un acquifero non uniformemente distribuito, poco produttivo e legato alle variazioni di piovosità stagionali.

Le diverse falde potrebbero essere ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea, perché il particolare tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti determina l'esistenza di soluzioni di continuità tra i depositi permeabili e i depositi relativamente meno permeabili.

Le schede di alcuni pozzi censiti nell'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) individuano la presenza di falde idriche a pochi metri al di sotto del piano campagna. Nelle misure condotte in questi pozzi indicano un livello piezometrico in condizioni statiche che varia tra -13,00 e -14,00 m dal p.c. per pozzi realizzati a circa 14 m s.l.m. (cfr. Allegato 2).

È presumibile che nell'area di installazione dell'impianto eolico possano coesistere più falde: superficiali e più profonde. In fase esecutiva andrà verificata soprattutto la quota di quelle superficiali, al fine di evitare eventuali interazioni nocive con le strutture di fondazione.

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 31 di 63 |

12. STABILITÀ DEI VERSANTI

Dove affiorano i terreni prevalentemente marnosi e argillosi miocenici, e quindi nell'area indagata, è stata rilevata la presenza di frane di varie dimensioni. Si tratta in gran parte di scorrimenti traslazionali quiescenti o inattivi che coinvolgono gli strati più superficiali ed alterati delle successioni marine (Figura 5.1, Figura 5.2, Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5).

La gran parte dei movimenti rilevati può essere classificata come quiescente, nel senso che attualmente le frane non sono attive ma che sono ancora potenzialmente riattivabili.

Altri dissesti sono stati classificati come inattivi o naturalmente stabilizzati, nel senso che l'agente morfogenetico che ha provocato il dissesto ha esaurito la propria attività. Queste frane si presentano con una morfologia molto degradata: la zona di alimentazione è di difficile identificazione, la zona di accumulo può anche mancare perché ormai morfologicamente cancellata dall'attività erosiva o dall'attività antropica.

Le aree maggiormente interessate da dissesti gravitativi sono quelle dei versanti prossimi ai centri abitati che rilevano i dissesti attivi e di maggiore dimensione.

Il parco eolico è fuori delle aree a rischio frana perimetrate dal vigente PAI (Figura 5.1, Figura 5.2, Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5). Inoltre dai sopralluoghi eseguiti non sono stati individuati segni di instabilità morfologiche di recente attivazione.

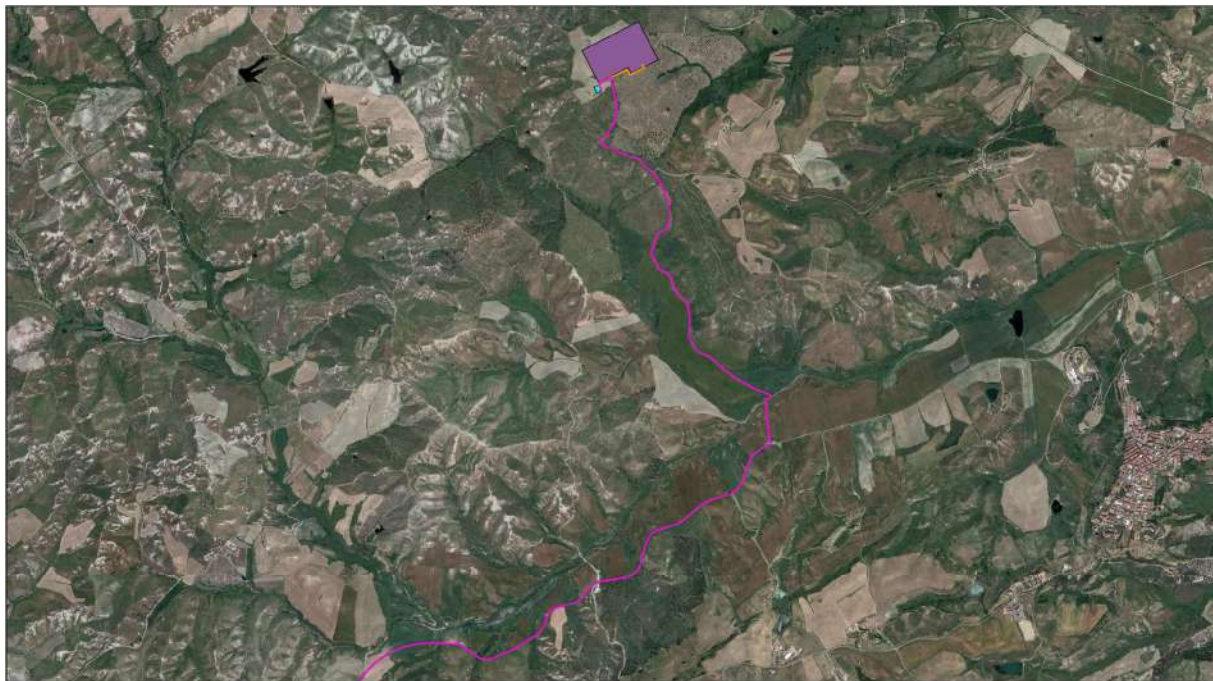
13. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Sulla cartografia ufficiale è stato sovrapposto il parco eolico alle delimitazioni delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico del PAI redatto dall'Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale – sede Calabria.

Da questa sovrapposizione risulta evidente che nessuno degli aerogeneratori, della sottostazione e del cavidotto in progetto ricadono all'interno delle aree delimitate a rischio idrogeologico secondo la delimitazione del PAI (Figura 13.1, Figura 13.2, Figura 13.3, Figura 13.4, Figura 13.5).

Solo due piccoli tratti di cavidotto intersecano aree perimetrare come "Aree attenzione PAI 2001 (Figura 13.1, Figura 13.2, Figura 13.3, Figura 13.4, Figura 13.5).

Diversamente, dalla sovrapposizione del parco eolico con le mappe di pericolosità e del rischio di alluvione (PGRA) è evidente che grandi porzioni del cavidotto ricadono in aree ad alta, media e bassa pericolosità idraulica (Figura 13.6, Figura 13.7, Figura 13.8, Figura 13.9, Figura 13.10).



| LEGENDA | |
|------------------------|---------------------------------------|
| ● wtg_rev06 | — cavidotto at cabina utente-se cutro |
| ■ piazzole_definitive | — cavidotti interno |
| ■ se cutro | ■ cabina utente |
| — cavidotto at esterno | ■ MOLTO ELEV |
| | ■ ELEVATO |
| | ■ MEDIO |
| | ■ N.D. |

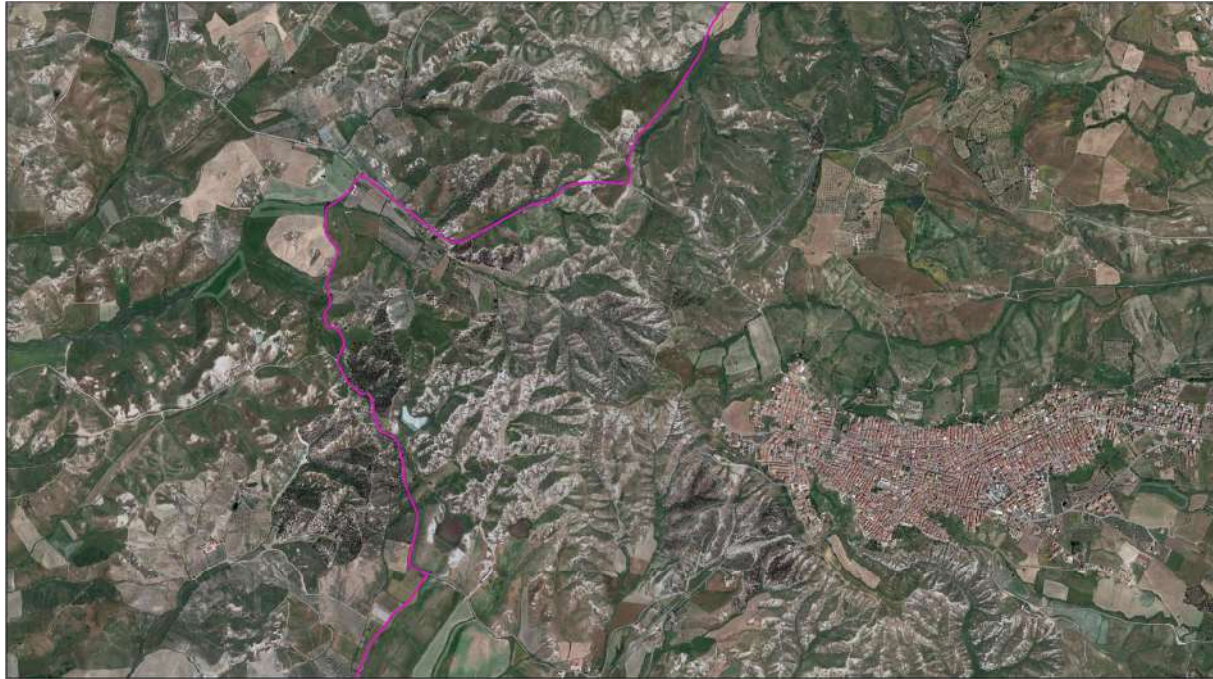
Figura 13.1 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
33 di 63



| LEGENDA | |
|------------------------|---|
| ● wtg_rev06 | — cavidotto at cabina utente-se cutro PAI - Rischio alluvione |
| ■ piazzole_definitive | — cavidotti interno |
| ■ se cutro | ■ cabina utente |
| — cavidotto at esterno | ■ MOLTO ELEV |
| | ■ ELEVATO |
| | ■ MEDIO |
| | ■ N.D. |



0 500 1.000 m



Figura 13.2 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
34 di 63



| LEGENDA | |
|------------------------|---|
| ● wtg_rev06 | — cavidotto at cabina utente-se cutro PAI - Rischio alluvione |
| ■ piazzole_definitive | — cavidotti interno |
| ■ se cutro | ■ cabina utente |
| — cavidotto at esterno | ■ MOLTO ELEV |
| | ■ ELEVATO |
| | ■ MEDIO |
| | ■ N.D. |

Figura 13.3 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000

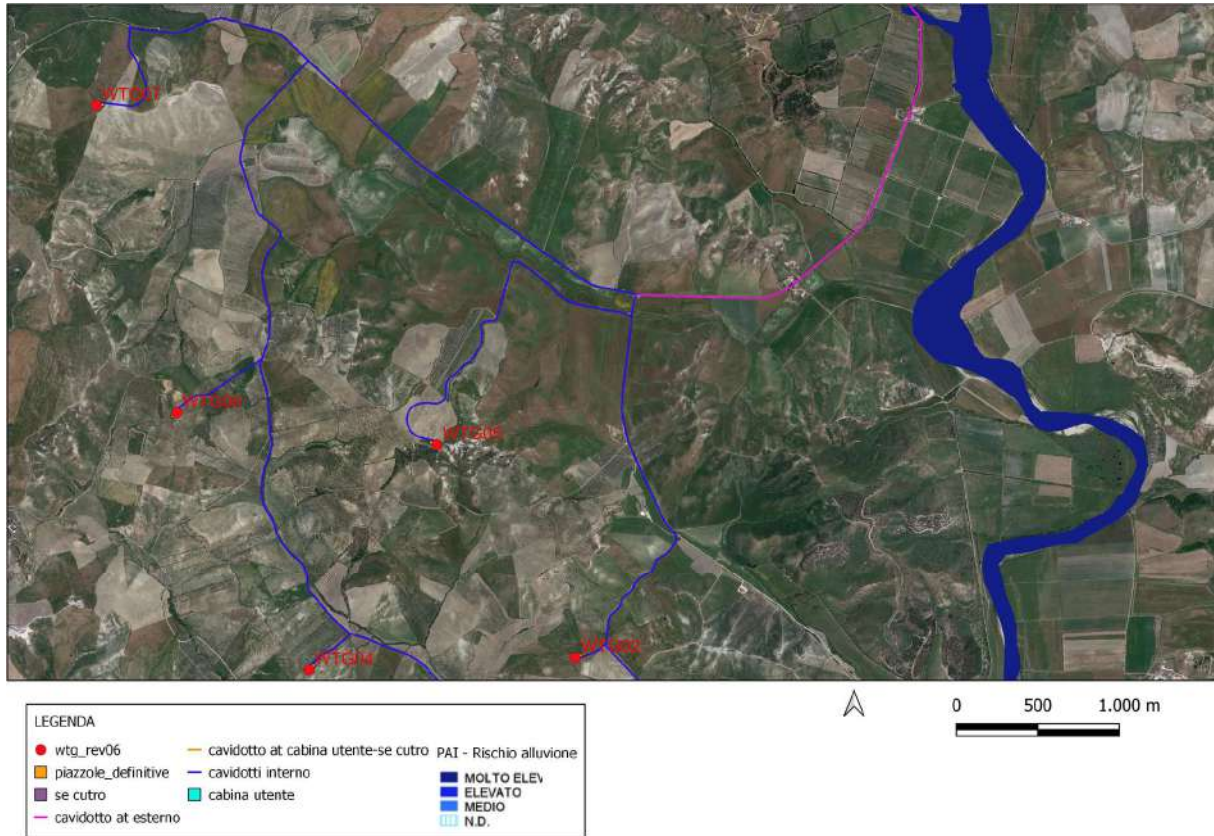


Figura 13.4 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000

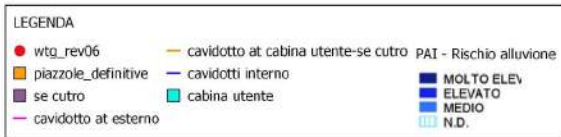


Figura 13.5 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PAI Calabria scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
37 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|--|
| ● wtg_rev06 | ■ se cutro |
| ■ piazzole_definitive | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - HPH |
| — cavidotto at esterno | ■ HPH Estensione ITF |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - MPH |
| — cavidotti interno | ■ MPH Estensione ITF |
| ■ cabina utente | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - LPH |
| | ■ LPH Estensione ITF |



Figura 13.6 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|--|
| ● wtg_rev06 | ■ se cutro |
| ■ piazzole_definitive | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - HPH |
| — cavidotto at esterno | ■ HPH Estensione ITF |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - MPH |
| — cavidotti interno | ■ MPH Estensione ITF |
| ■ cabina utente | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - LPH |
| | ■ LPH Estensione ITF |



0 500 1.000 m

Figura 13.7 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
39 di 63



| LEGENDA | |
|---------------------------------------|--|
| ● wtg_rev06 | ■ se cutro |
| ■ piazzole_definitive | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - HPH |
| — cavidotto at esterno | ■ HPH Estensione ITF |
| — cavidotto at cabina utente-se cutro | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - MPH |
| — cavidotti interno | ■ MPH Estensione ITF |
| ■ cabina utente | ■ Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - LPH |
| | ■ LPH Estensione ITF |



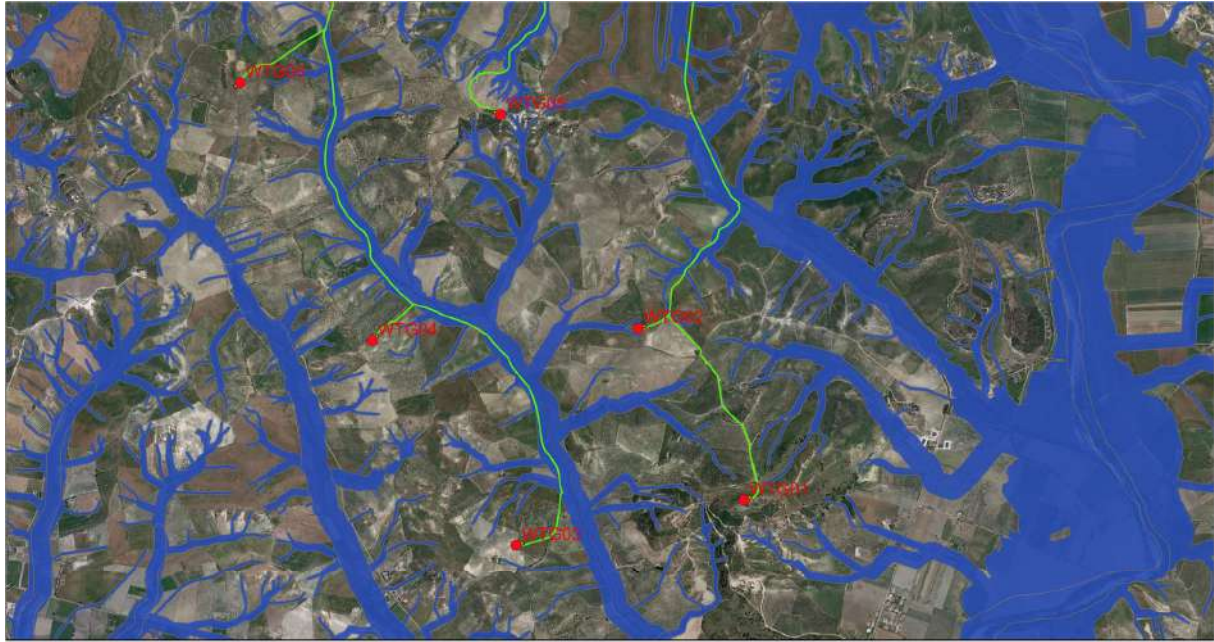
Figura 13.8 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000



| LEGENDA | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● wtg_rev06 piazzole definitive cavidotto at esterno cavidotto at cabina utente-se cutro cavidotti interno cabina utente | <ul style="list-style-type: none"> se cutro Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - HPH HPH Estensione ITF Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - MPH MPH Estensione ITF Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - LPH LPH Estensione ITF |



Figura 13.9 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000



| LEGENDA | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● wtg_rev06 piazzole definitive cavidotto at esterno cavidotto at cabina utente-se cutro cavidotti interno cabina utente | <ul style="list-style-type: none"> se cutro HPH Estensione ITF MPH Estensione ITF LPH Estensione ITF |
| Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - HPH Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - MPH Distretto Appennino Meridionale (ITF2018) - Alluvioni Estensione - LPH | |



Figura 13.10 - ubicazione impianto eolico su stralcio carta Calabria rischio alluvioni del PGRA scala 1:25000

14. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Nell'ambito dello studio geologico per la progettazione in fase definitiva di un impianto eolico in agro di Belcastro (CZ) sono state eseguite n. 7 indagini sismiche con la tecnica sia della rifrazione che della MASW (Figura 14.1 e allegato 1).

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito sono state eseguite indagini di sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume longitudinali (o onde P) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW che permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali.

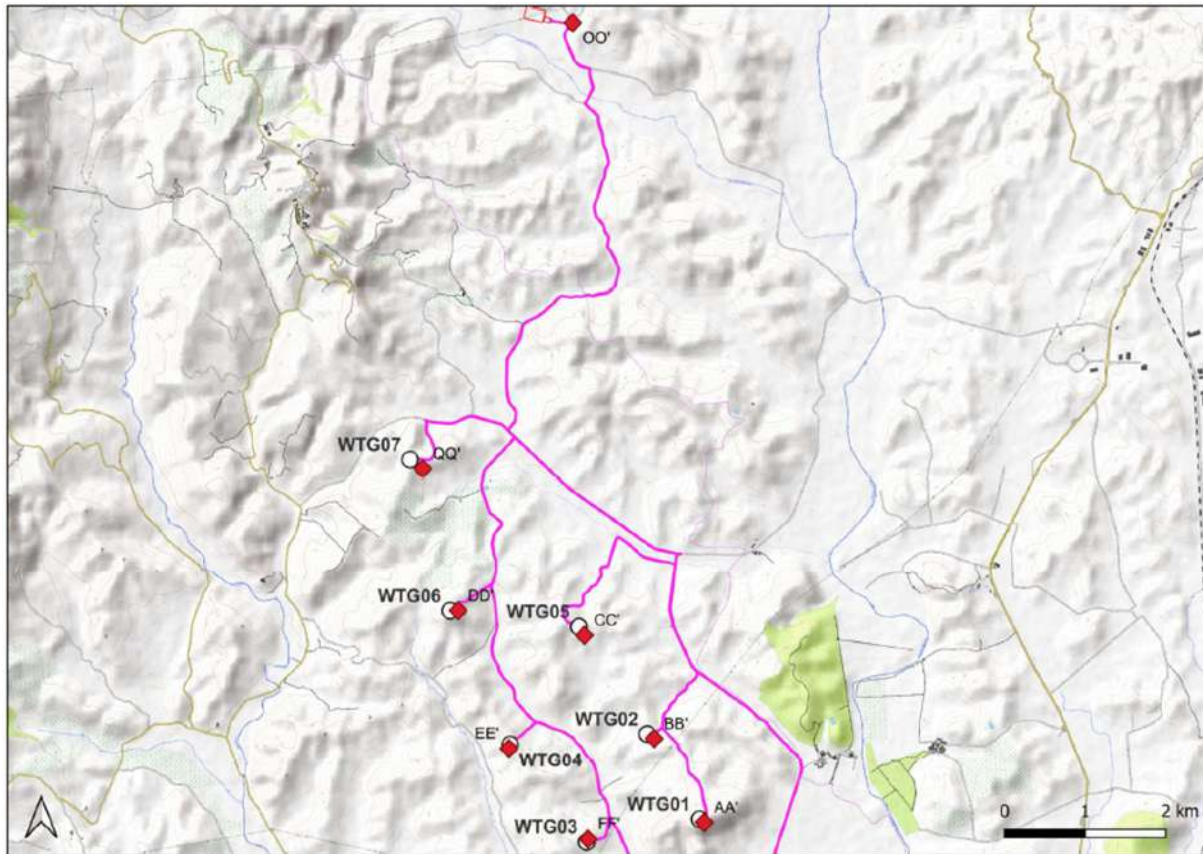


Figura 14.1 - Corografia delle prospezioni geofisiche

15. RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

15.1. Acquisizioni sismiche a rifrazione e MASW

Le indagini in loco sono consistite nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n. 7 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA', BB', CC', DD', EE', FF' e QQ', allegato 1) con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n. 7 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulla stessa traccia dei rilievi sismici a rifrazione (sigle: AA', BB', CC', DD', EE', FF' e QQ', allegato 1), al fine di ottenere i profili verticali delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica degli allineamenti.

Gli stendimenti sismici sono stati posizionati in relazione all'ubicazione delle pale eoliche ed alla sottostazione di servizio.

Le informazioni di correlazione sono riportate nella seguente Tabella 15.1:

Tabella 15.1 – ubicazione stendimenti sismici

| WTG | Sigla Stendimento sismico | Lunghezza stendimento (m) |
|-------|---------------------------|---------------------------|
| WTG 1 | AA' | 24 |
| WTG 2 | BB' | 24 |
| WTG 3 | FF' | 24 |
| WTG 4 | EE' | 24 |
| WTG 5 | CC' | 24 |
| WTG 6 | DD' | 24 |
| WTG 7 | QQ' | 24 |

15.2. Indagine sismica a rifrazione

Con le n.7 sismiche a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nei terreni esaminati, individuando i tempi dei primi arrivi delle onde P prodotte da una massa battente di 10 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica dei segnali rifratti ha permesso di investigare il terreno fino a circa 12-13 m dal p.c.

15.2.1. Modello sismico AA'

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di 2 sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P (Figura 15.1).

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità variabile e compresa tra 4-5 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 750 m/s. Il secondo sismostrato invece, è caratterizzato da un incremento delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 1500 m/s alle profondità indagate, ossia circa 10 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

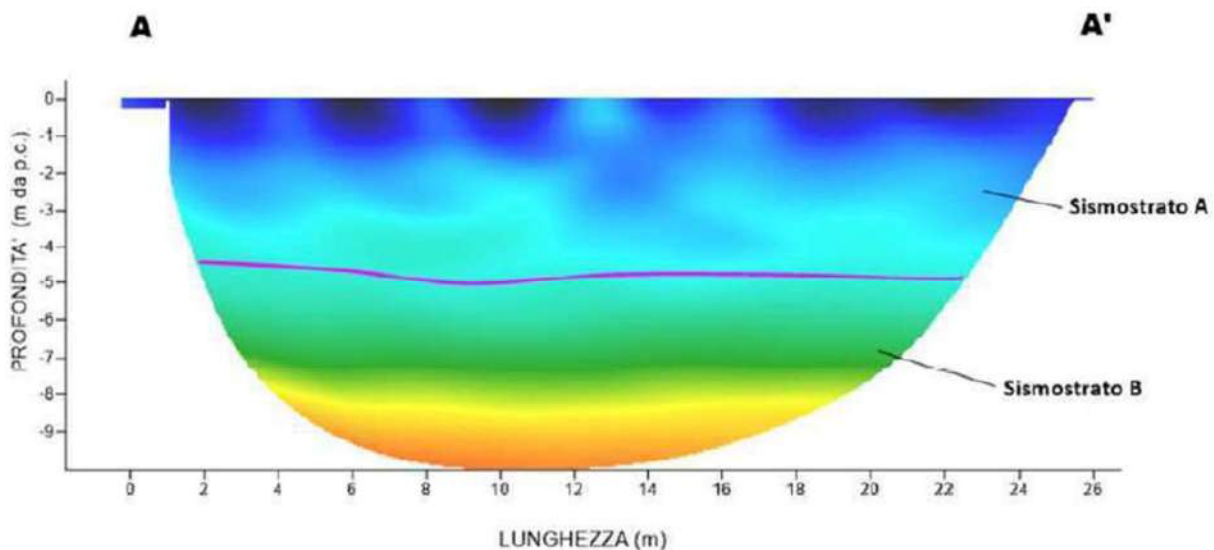


Figura 15.1 - Ubicazione dello stendimento sismico AA' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica

15.2.2. Modello sismico BB'

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di 2 sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P (Figura 15.2).

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 4 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 750 m/s. Il secondo sismostrato invece, è caratterizzato da un incremento delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 3000 m/s alle profondità indagate, ossia circa 12 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

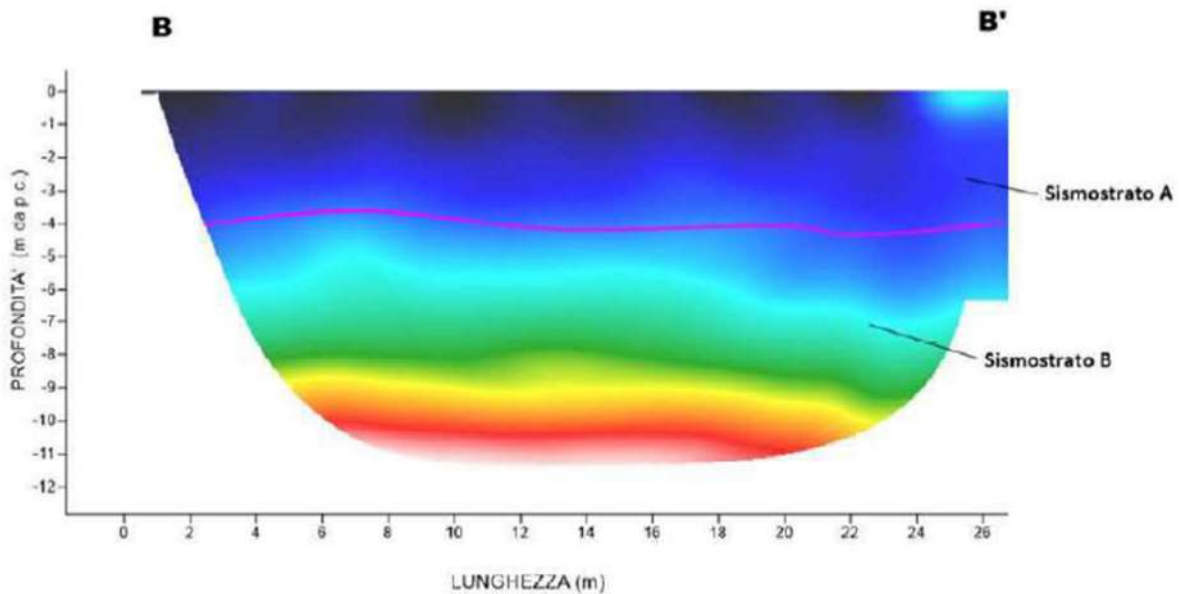


Figura 15.2 - Ubicazione dello stendimento sismico BB' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica

15.2.3. Modello sismico CC'

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di 3 sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P (Figura 15.3).

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 46 di 63 |

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 1250 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere

una profondità di circa 7 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 13 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

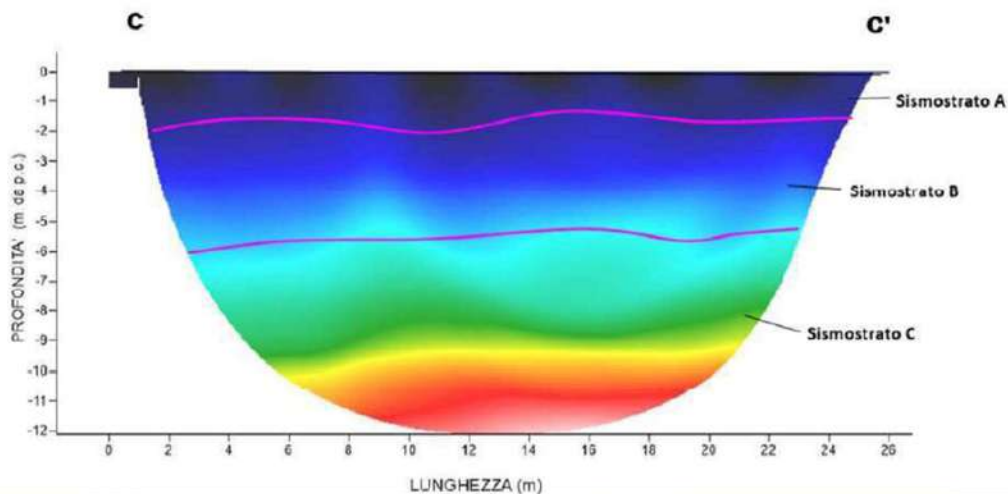


Figura 15.3 - Ubicazione dello stendimento sismico CC' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica

15.2.4. Modello sismico DD'

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di 3 sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P (Figura 15.4).

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 47 di 63 |

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 1 metro, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 1250 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 4 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 8 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

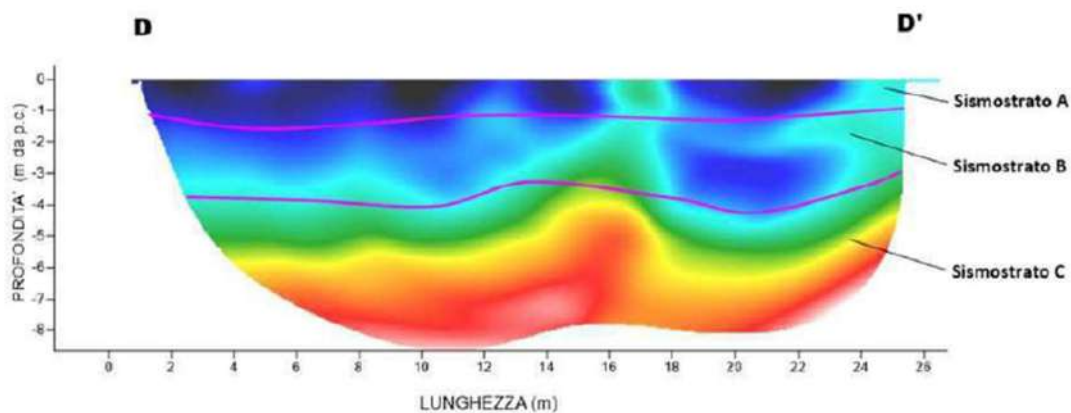


Figura 15.4 – Ubicazione dello stendimento sismico DD' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica

15.2.5. Modello sismico EE'

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di 3 sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P (Figura 15.5).

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 48 di 63 |

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 2500 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 9 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 13 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

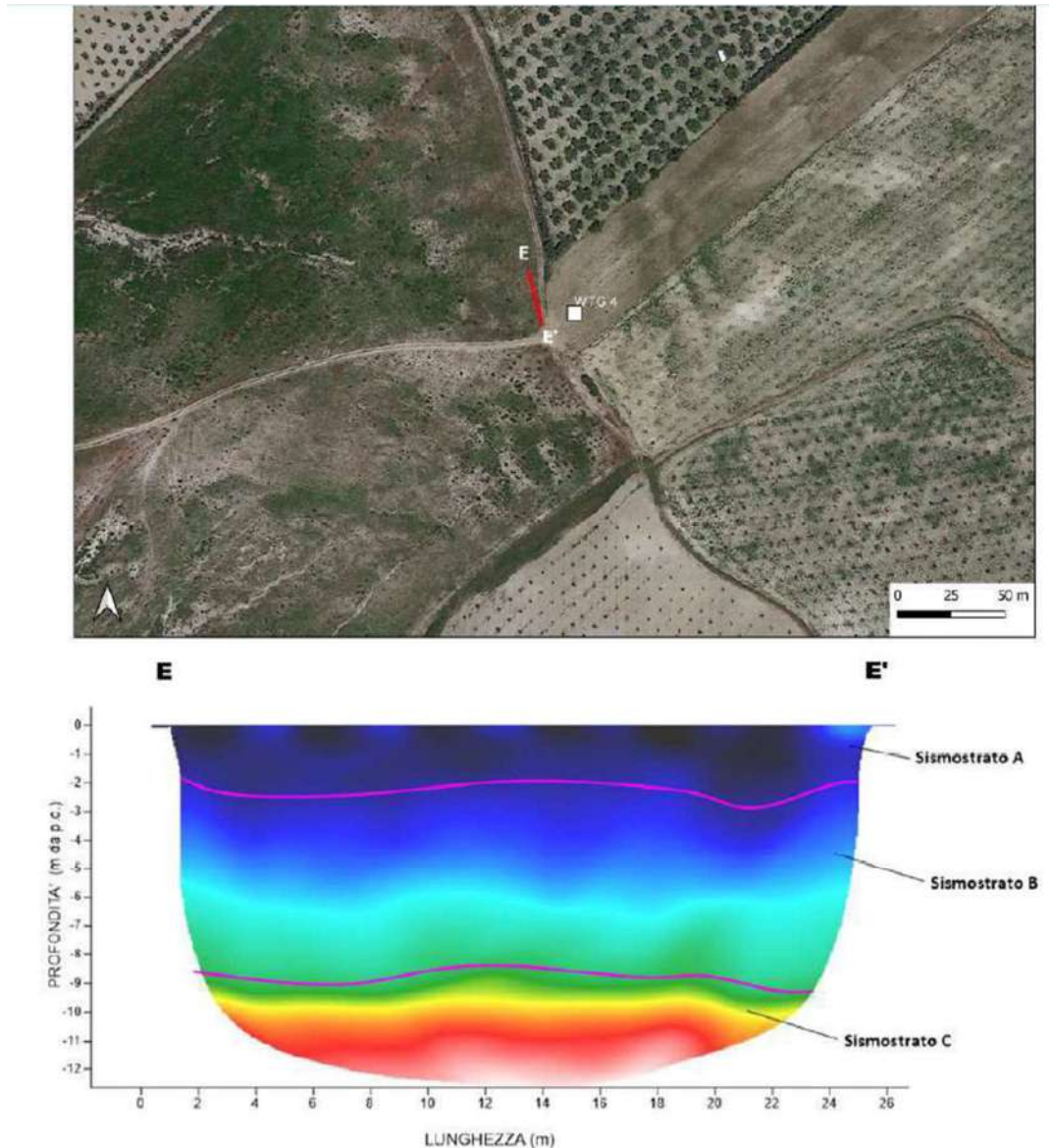


Figura 15.5 - Ubicazione dello stendimento sismico EE' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica

15.2.6. Modello sismico FF'

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di 3 sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P (Figura 15.6).

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 49 di 63 |

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2-3 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 2000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 9 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 14 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

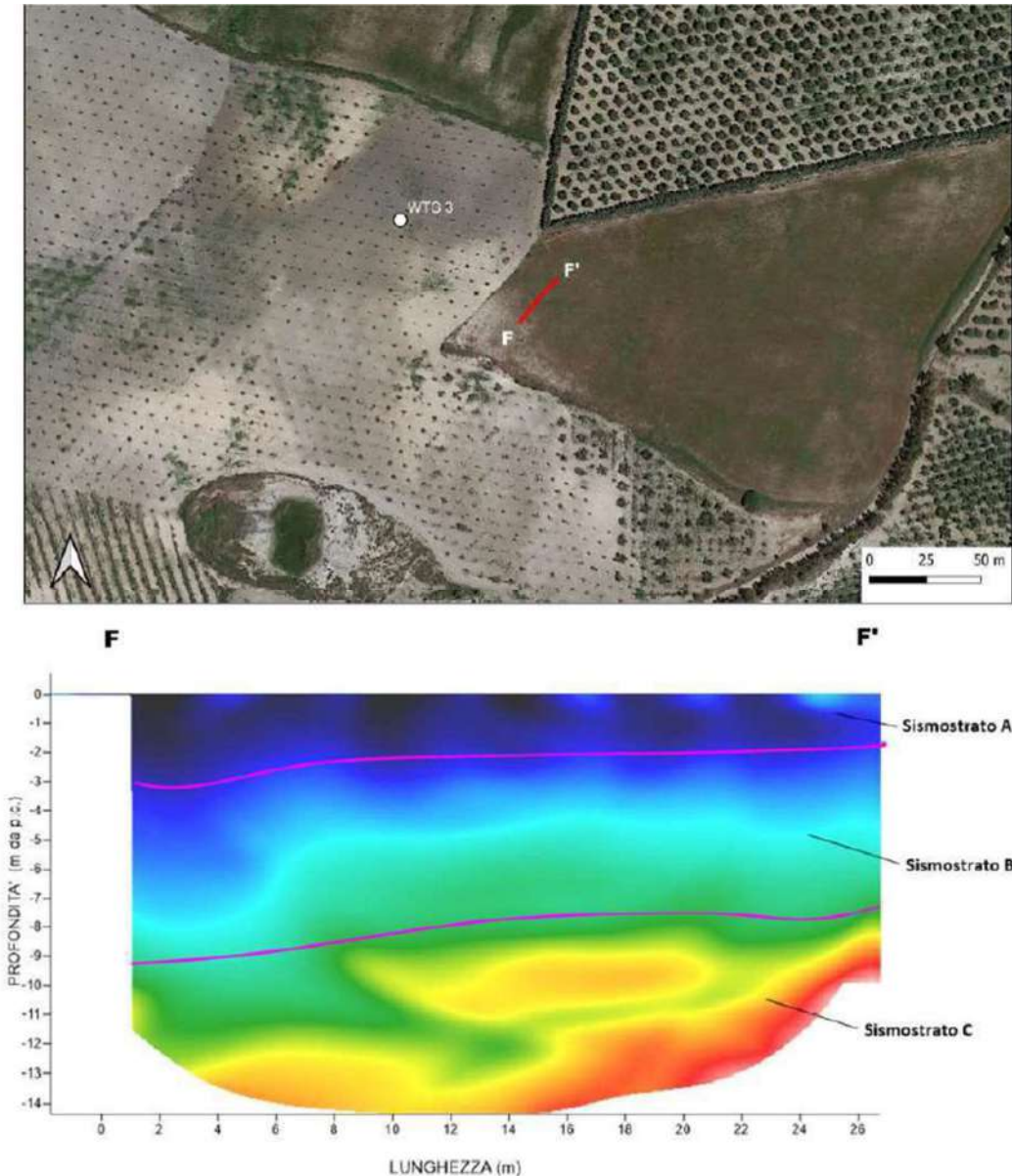


Figura 15.6 - Ubicazione dello stendimento sismico FF' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica

15.2.7. Modello sismico QQ'

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di 3 sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P (Figura 15.7).

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 50 di 63 |

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 1250 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 4 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 6 m dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

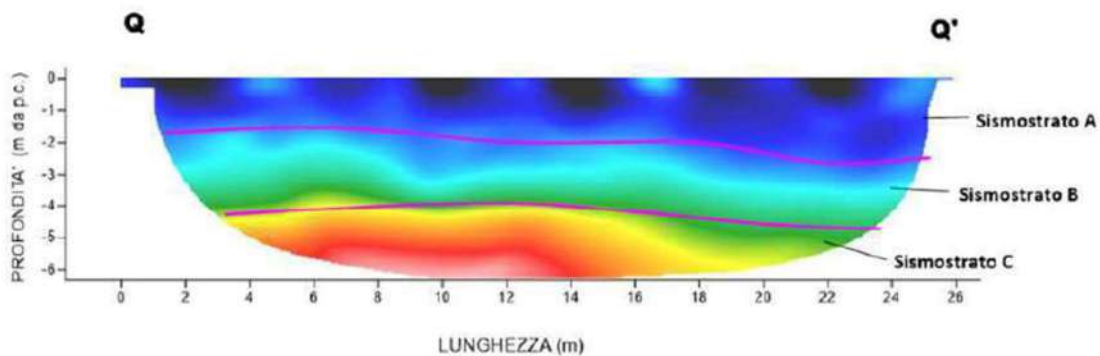


Figura 15.7 - Ubicazione dello stendimento sismico QQ' su ortofoto e Interpretazione sezione tomografica

15.3. Indagine sismica M.A.S.W.

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro $V_{s_{eq}}$ secondo la normativa vigente (cfr. relazione geotecnica).

15.3.1. Misura AA'

L'indagine MASW eseguita lungo il profilo AA' ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (Vs) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo:

Tabella 15.2 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura AA'

| n. | Spessore (m) | Velocità (m/s) |
|----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 265 |
| 2 | 3.00 | 452 |
| 3 | 3.00 | 623 |
| 4 | 4.00 | 724 |
| 5 | 4.00 | 826 |
| 6 | 5.00 | 956 |
| 7 | 5.00 | 1024 |
| 8 | 6.00 | 1081 |

$$V_{s_{eq}} = 489,30 \text{ m/s}$$

15.3.2. Misura BB'

L'indagine MASW eseguita lungo il profilo BB' ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (Vs) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo:

Tabella 15.3 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura BB'

| n. | Spessore (m) | Velocità (m/s) |
|----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 149 |
| 2 | 3.00 | 191 |
| 3 | 3.00 | 213 |
| 4 | 4.00 | 242 |
| 5 | 4.00 | 280 |
| 6 | 5.00 | 358 |
| 7 | 5.00 | 495 |
| 8 | 6.00 | 555 |

$$V_{s_{eq}} = 284,89 \text{ m/s}$$

15.3.3. Misura CC'

L'indagine MASW eseguita lungo il profilo CC' ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (Vs) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo:

Tabella 15.4 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura CC'

| n. | Spessore (m) | Velocità (m/s) |
|----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 187 |
| 2 | 3.00 | 264 |
| 3 | 7.00 | 342 |
| 4 | 8.00 | 473 |
| 5 | 5.00 | 630 |
| 6 | 6.00 | 874 |

$$V_{s_{eq}} = 371,05 \text{ m/s}$$

15.3.4. Misura DD'

L'indagine MASW eseguita lungo il profilo DD' ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (Vs) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo:

Tabella 15.5 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura DD'

| n. | Spessore (m) | Velocità (m/s) |
|----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 173 |
| 2 | 3.00 | 285 |
| 3 | 3.00 | 320 |
| 4 | 4.00 | 416 |
| 5 | 4.00 | 539 |
| 6 | 5.00 | 612 |
| 7 | 5.00 | 788 |
| 8 | 6.00 | 925 |

$$V_{s_{eq}} = 412,61 \text{ m/s}$$

15.3.5. Misura EE'

L'indagine MASW eseguita lungo il profilo EE' ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (Vs) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo:

Tabella 15.6 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura EE'

| n. | Spessore (m) | Velocità (m/s) |
|----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 200 |
| 2 | 3.00 | 263 |
| 3 | 3.00 | 333 |
| 4 | 4.00 | 412 |
| 5 | 4.00 | 412 |
| 6 | 5.00 | 471 |
| 7 | 5.00 | 471 |
| 8 | 6.00 | 609 |

$$V_{s_{eq}} = 386,43 \text{ m/s}$$

15.3.6. Misura FF'

L'indagine MASW eseguita lungo il profilo FF' ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (Vs) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo:

Tabella 15.7 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura FF'

| n. | Spessore (m) | Velocità (m/s) |
|----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 186 |
| 2 | 3.00 | 219 |
| 3 | 3.00 | 249 |
| 4 | 4.00 | 249 |
| 5 | 4.00 | 348 |
| 6 | 5.00 | 451 |
| 7 | 5.00 | 574 |
| 8 | 6.00 | 623 |

$$V_{s_{eq}} = 332,31 \text{ m/s}$$

15.3.7. Misura QQ'

L'indagine MASW eseguita lungo il profilo QQ' ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (Vs) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo:

Tabella 15.8 - profilo delle velocità delle onde S (Vs) misura QQ'

| n. | Spessore (m) | Velocità (m/s) |
|----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 157 |
| 2 | 3.00 | 256 |
| 3 | 7.00 | 390 |
| 4 | 4.00 | 559 |
| 5 | 5.00 | 665 |
| 6 | 5.00 | 704 |
| 7 | 6.00 | 856 |

$V_{seq} = 405,09 \text{ m/s}$

16. INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA SCHEMATICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Si riportano di seguito le stratigrafie dei terreni in studio ricavate dall'interpolazione dei dati ottenuti sia dalla campagna geognostica, sia dalla cartografia ufficiale che dal rilevamento geologico di dettaglio eseguito in una fase preliminare alla campagna di indagini.

Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG1 (Figura 16.1):

- da 0,00 m a -4,50 m dal p.c.: argille marnose alterate e poco coese;
- da -4,50 m a oltre -9,00 m dal p.c.: argille debolmente alterate, addensate e compatte.

Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG2 (Figura 16.1):

- da 0,00 m a -3,50/-4,00 m dal p.c.: argille marnose alterate e poco coese;
- da -3,50/-4,00 a oltre -11,00 m dal p.c.: argille debolmente alterate, addensate e compatte.

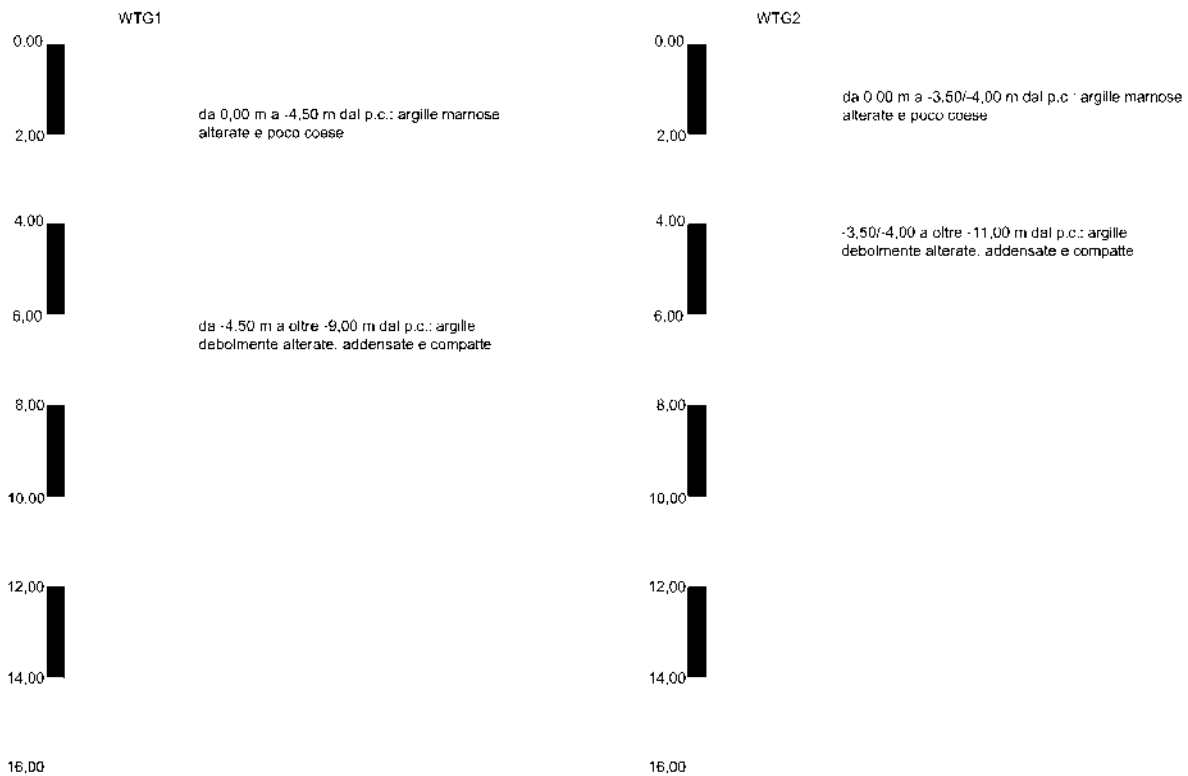


Figura 16.1 - Colonne stratigrafiche schematiche relative ai WTG1 e WTG2

Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG3 (Figura 16.2):

- da 0,00 m a -2,00/-3,00 m dal p.c.: argille marnose alterate e poco coese;
- da -2,00/-3,00 m a oltre -7,00/-9,00 m dal p.c.: argille debolmente alterate, addensate e compatte;
- da -7,00/-9,00 m a -14,00 m dal p.c.: argille poco alterate, molto compatte e ben addensate.

Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG4 (Figura 16.2):

- da 0,00 m a -2,00/-3,00 m dal p.c.: argille marnose alterate e poco coese;

- da -2,00/-3,00 m a oltre -9,00 m dal p.c.: argille debolmente alterate, addensate e compatte;
- da -9,00 m a -12,00 m dal p.c.: argille poco alterate, molto compatte e ben addensate.

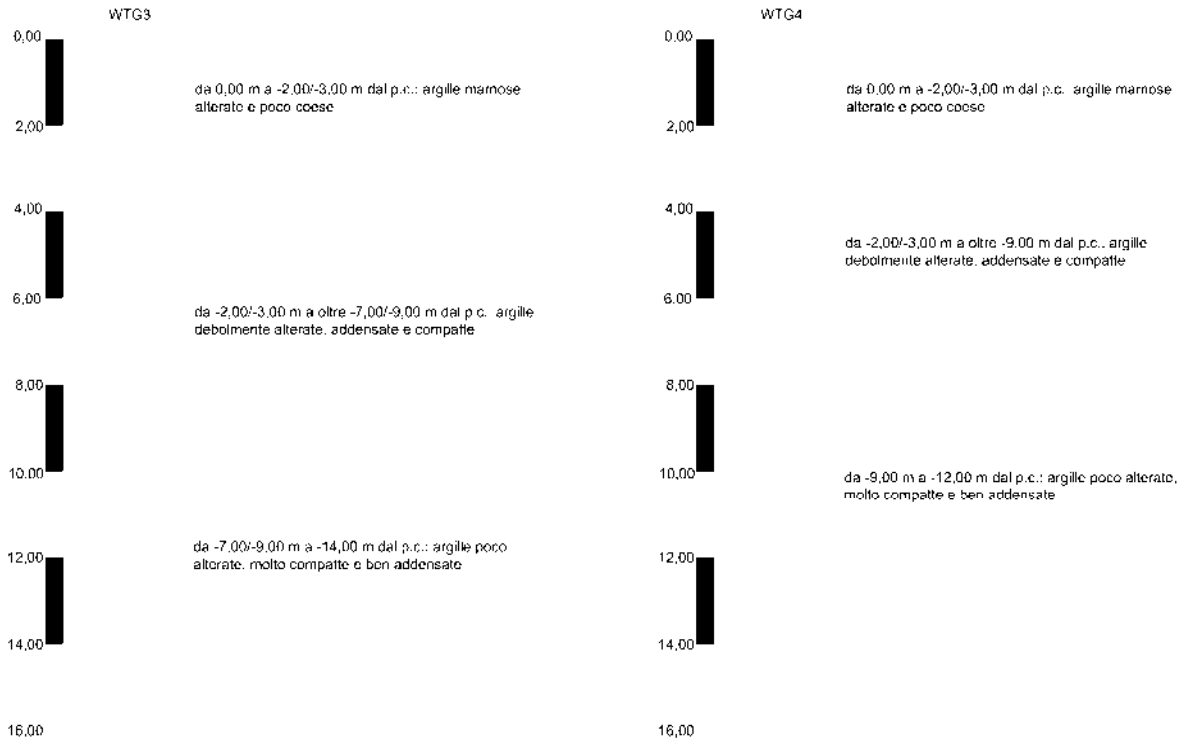


Figura 16.2 - Colonne stratigrafiche schematiche relative ai WTG3 e WTG4

Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG5 (Figura 16.3):

- da 0,00 m a -2,00 m dal p.c.: argille marnose alterate e poco coese;
- da -2,00 m a oltre -7,00/-8,00 m dal p.c.: argille debolmente alterate, addensate e compatte;
- da -7,00/-8,00 m a -14,00 m dal p.c.: argille poco alterate, molto compatte e ben addensate.

Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG6 (Figura 16.3):

- da 0,00 m a -1,00 m dal p.c.: argille marnose alterate e poco coese;
- da -1,00 m a oltre -3,00/-4,00 m dal p.c.: argille debolmente alterate, addensate e compatte;
- da -3,00/-4,00 m a -8,00 m dal p.c.: argille poco alterate, molto compatte e ben addensate.

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
56 di 63

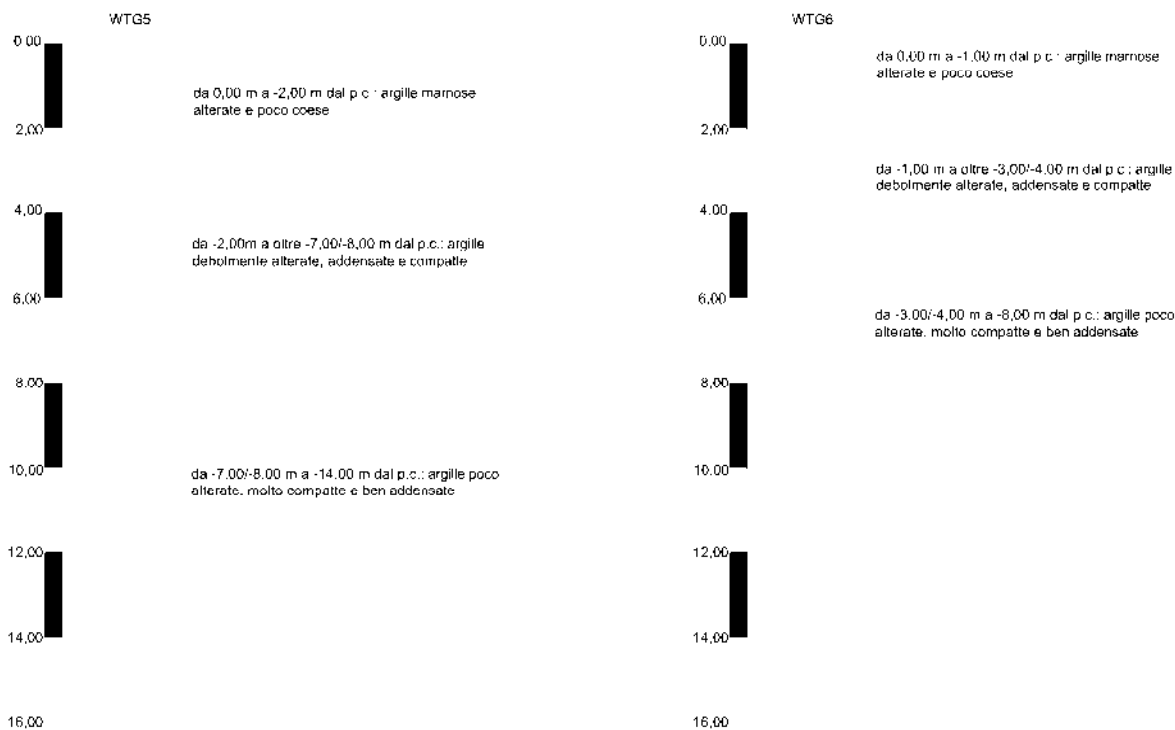


Figura 16.3 - Colonne stratigrafiche schematiche relative ai WTG5 e WTG6

Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG7 (Figura 16.4):

- da 0,00 m a -2,00 m dal p.c.: argille marnose alterate e poco coese;
- da -2,00 m a oltre -3,00/-4,00 m dal p.c.: argille debolmente alterate, addensate e compatte;
- da -3,00/-4,00 m a -8,00 m dal p.c.: argille poco alterate, molto compatte e ben addensate.

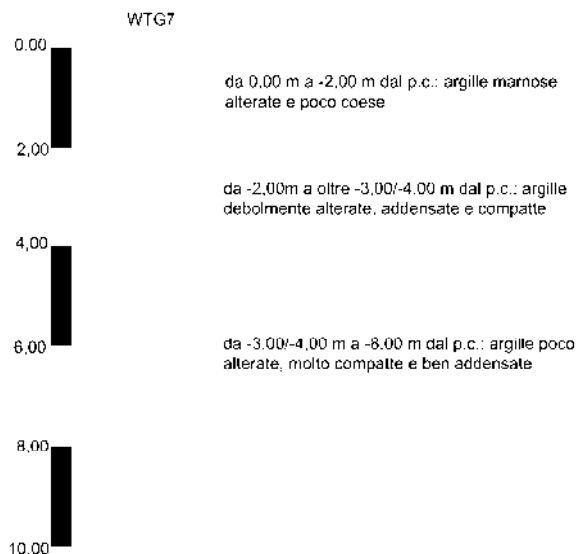


Figura 16.4 - Colonna stratigrafica schematica relativa al WTG7

17. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

La zonazione sismica nazionale è stata definita con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003 primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003). In questa, il territorio italiano è stato classificato in quattro zone di rischio.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153 la Regione Puglia ha recepito l'O.P.C.M. n. 3274/2003, attribuendo ai singoli comuni una propria categoria sismica.

L'O.P.C.M. n. 3274/2003 è stata a sua volta aggiornata con l'O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha classificato la zonazione sismica sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni (Tabella 17.1,

Tabella 17.2).

Da questa si evince che i territori di Scandale (sede della cabina utente) e Belcastro ricadono in zona sismica 2 (Figura 17.1):

Tabella 17.1 – Zona sismica di riferimento

| Località | Descrizione | Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni | Località |
|-----------------------|---|---|----------|
| Scandale Belcastro | Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti. | $0,15 < a_g < 0,25$ | 0,25 g |

Tabella 17.2 - Classificazione sismica elaborata ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3519/2006

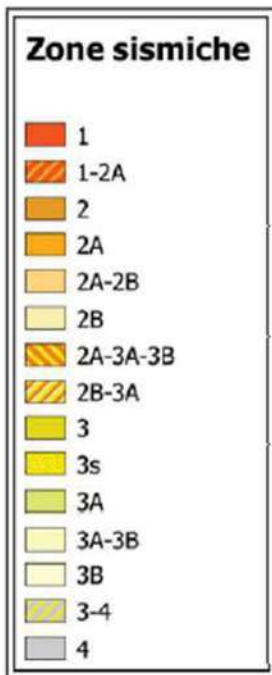
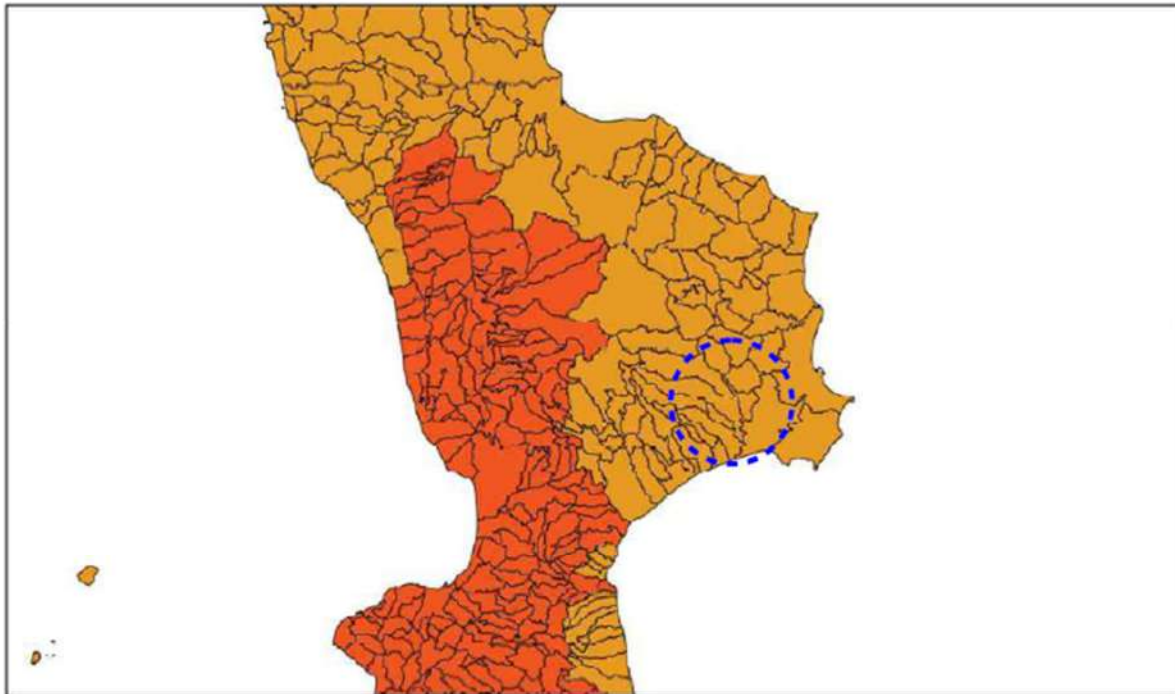
| zona | zona accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g] | accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g] |
|------|--|--|
| 1 | $0,25 < a_g \leq 0,35g$ | 0,35g |
| 2 | $0,15 < a_g \leq 0,25g$ | 0,25g |
| 3 | $0,05 < a_g \leq 0,15g$ | 0,15g |
| 4 | $\leq 0,05g$ | 0,05g |

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
58 di 63



 Area in studio

Figura 17.1 – mappa della classificazione sismica dei comuni della Calabria

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 59 di 63 |

18. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

La definizione della pericolosità geologica di un sito è di fondamentale importanza per la valutazione della fattibilità delle opere.

Si definisce pericolosità di un certo evento la probabilità che esso si manifesti in una certa area entro un certo periodo di tempo e con una certa intensità. Le valutazioni di pericolosità possono essere effettuate a scala locale, a scala regionale o a scala nazionale.

Gli ambiti di più frequente applicazione consistono nella pericolosità da frana, da sprofondamenti, pericolosità sismica, pericolosità idraulica, ecc.

Pertanto, a seguito dei sopralluoghi effettuati, della campagna di indagini geognostiche eseguita, del rilevamento geologico di dettaglio e della consultazione della cartografia P.A.I. della Regione Calabria è possibile supporre che i siti sui quali si intende realizzare i singoli aerogeneratori sono da considerarsi a bassissima pericolosità geologica:

- Non sono presenti frane o colamenti superficiali;
- Non sono state individuate forme carsiche superficiali o evidenze di forme carsiche ipogee;
- Le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni investigati consentono un adeguato dimensionamento delle strutture di fondazione, escludendo qualsiasi danno provocato da cedimenti immediati o a lungo termine dei terreni stessi;
- Non è stata individuata una falda superficiale che potrebbe, con eventuali variazioni del livello piezometrico, interferire con le fondazioni in progetto;
- Sono presenti, nel sito o in prossimità di esso, corsi d'acqua permanenti e/o stagionali che possano far supporre un rischio inondazione;
- I terreni argillosi presentano una buona permeabilità d'insieme che consentirà alle acque meteoriche di defluire in tempi relativamente rapidi evitando la formazione di ristagni d'acqua nocivi per le strutture che si intende realizzare.

19. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Lo studio geologico deve pervenire alla definizione, preciso riferimento al progetto, di un modello geologico tridimensionale, comprendente il volume significativo, basato sulla conoscenza dei caratteri litostratigrafici, strutturali, geomorfologici, idrogeologici e sismici del sito d'interesse, acquisiti attraverso specifici rilevamenti di superficie e sulla scorta di indagini dirette e indirette. Dovranno essere definite le eventuali condizioni di instabilità, in atto e/o potenziali, e la loro tendenza evolutiva.

Saranno definite:

- le unità litologiche di riferimento;
- l'assetto stratigrafico locale;
- l'assetto idrogeologico locale e schema di circolazione idrica sotterranea e superficiale;
- il grado di affidabilità del modello geologico di riferimento.

Tabella 19.1 - Modello geologico di riferimento per il parco eolico

| Profondità (dal p.c.) | Litologia |
|----------------------------------|---|
| da 0,00 m a -1,00/-2,50 m | argille marnose alterate e poco coese |
| da -1,00/-2,50 m a -5,00/-8,00 m | argille debolmente alterate, addensate e compatte |
| da -5,00/-8,00 m a -13,00 m | argille poco alterate, molto compatte e ben addensate |

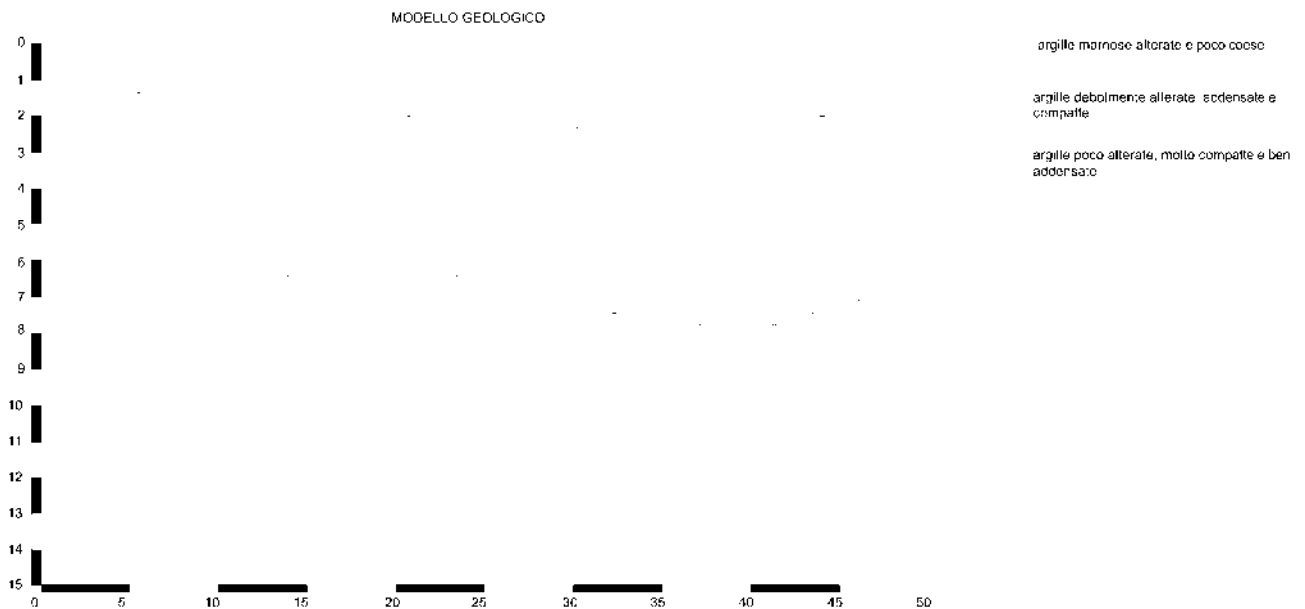


Figura 19.1 – modello geologico

20. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Per il progetto del nuovo impianto eolico in oggetto, sono stati assunti i parametri sismici relativi al comune di Belcastro (CZ). Pertanto per le opere in progetto si è assunto:

- Classe dell'edificio: Presenza occasionale di persone, edifici agricoli...;
- una vita nominale $V_N = 50$ anni;
- una classe d'uso I (coefficiente d'uso $C_U = 0,7$);
- categoria topografica T_1 ;
- categoria di sottosuolo di tipo B e C.

Ne derivano i seguenti valori dei parametri sismici per i diversi stati limite:

Tabella 20.1 - parametri sismici WTG1

| Stato Limite | Tr | a_g | F_o | T_c^* |
|----------------------------|-----|-------|-------|---------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0.051 | 2.334 | 0.279 |
| Danno (SLD) | 35 | 0.056 | 2.334 | 0.287 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 332 | 0.168 | 2.363 | 0.359 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 682 | 0.226 | 2.404 | 0.375 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| S_S Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| C_C Coeff. funz categoria | 1,42 | 1,41 | 1,35 | 1,34 |
| S_T Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.012 | 0.013 | 0.048 | 0.075 |
| kv | 0.006 | 0.007 | 0.024 | 0.037 |
| A_{max} [m/s ²] | 0.605 | 0.656 | 1.978 | 2.615 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

Tabella 20.2 - parametri sismici WTG2

| Stato Limite | Tr | a_g | F_o | T_c^* |
|----------------------------|-----|-------|-------|---------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0.052 | 2.335 | 0.279 |
| Danno (SLD) | 35 | 0.056 | 2.334 | 0.287 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 332 | 0.169 | 2.363 | 0.359 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 682 | 0.227 | 2.405 | 0.375 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| S_S Amplificazione stratigrafica | 1,50 | 1,50 | 1,46 | 1,37 |
| C_C Coeff. funz categoria | 1,60 | 1,59 | 1,47 | 1,45 |
| S_T Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.015 | 0.017 | 0.059 | 0.087 |
| kv | 0.008 | 0.008 | 0.030 | 0.043 |
| A_{max} [m/s ²] | 0.758 | 0.823 | 2.414 | 3.044 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
62 di 63

Tabella 20.3 - parametri sismici WTG3

| Stato Limite | Tr | a _g | F _o | T _c * |
|----------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0.052 | 2.335 | 0.279 |
| Danno (SLD) | 35 | 0.056 | 2.334 | 0.287 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 332 | 0.169 | 2.364 | 0.359 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 682 | 0.227 | 2.405 | 0.375 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---|------|------|------|------|
| S _S Amplificazione stratigrafica | 1,50 | 1,50 | 1,46 | 1,37 |
| C _C Coeff. funz categoria | 1,60 | 1,59 | 1,47 | 1,45 |
| S _T Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.015 | 0.017 | 0.059 | 0.087 |
| kv | 0.008 | 0.008 | 0.030 | 0.043 |
| A _{max} [m/s ²] | 0.758 | 0.823 | 2.413 | 3.044 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

Tabella 20.4 - parametri sismici WTG4

| Stato Limite | Tr | a _g | F _o | T _c * |
|----------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0.052 | 2.337 | 0.279 |
| Danno (SLD) | 35 | 0.056 | 2.336 | 0.287 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 332 | 0.169 | 2.364 | 0.359 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 682 | 0.228 | 2.405 | 0.376 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---|------|------|------|------|
| S _S Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| C _C Coeff. funz categoria | 1,42 | 1,41 | 1,35 | 1,34 |
| S _T Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.012 | 0.014 | 0.049 | 0.075 |
| kv | 0.006 | 0.007 | 0.024 | 0.038 |
| A _{max} [m/s ²] | 0.662 | 0.662 | 1.994 | 2.635 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

Tabella 20.5 - parametri sismici WTG5

| Stato Limite | Tr | a _g | F _o | T _c * |
|----------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0.052 | 2.336 | 0.279 |
| Danno (SLD) | 35 | 0.056 | 2.335 | 0.287 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 332 | 0.169 | 2.363 | 0.359 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 682 | 0.227 | 2.406 | 0.375 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---|------|------|------|------|
| S _S Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| C _C Coeff. funz categoria | 1,42 | 1,41 | 1,35 | 1,34 |
| S _T Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|----|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.012 | 0.013 | 0.049 | 0.075 |

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice documento:

Data emissione:
Agosto 2023

Pagina
63 di 63

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kv | 0.006 | 0.007 | 0.024 | 0.038 |
| A_{max} [m/s ²] | 0.609 | 0.661 | 1.991 | 2.629 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

Tabella 20.6 - parametri sismici WTG6

| Stato Limite | Tr | a _g | F _o | T _c * |
|----------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0.052 | 2.339 | 0.279 |
| Danno (SLD) | 35 | 0.057 | 2.337 | 0.287 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 332 | 0.171 | 2.365 | 0.359 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 682 | 0.229 | 2.406 | 0.376 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---|------|------|------|------|
| S _S Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| C _C Coeff. funz categoria | 1,42 | 1,41 | 1,35 | 1,34 |
| S _T Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.013 | 0.014 | 0.049 | 0.076 |
| kv | 0.006 | 0.007 | 0.025 | 0.038 |
| A_{max} [m/s ²] | 0.615 | 0.667 | 2.007 | 2.650 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

Tabella 20.7 - parametri sismici WTG7

| Stato Limite | Tr | a _g | F _o | T _c * |
|----------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0.053 | 2.344 | 0.278 |
| Danno (SLD) | 35 | 0.058 | 2.340 | 0.286 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 332 | 0.173 | 2.366 | 0.359 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 682 | 0.231 | 2.409 | 0.377 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---|------|------|------|------|
| S _S Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| C _C Coeff. funz categoria | 1,42 | 1,41 | 1,35 | 1,34 |
| S _T Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.013 | 0.014 | 0.050 | 0.076 |
| kv | 0.006 | 0.007 | 0.025 | 0.038 |
| A_{max} [m/s ²] | 0.624 | 0.667 | 2.031 | 2.675 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

21. CONCLUSIONI

Su tutta l'area destinata all'impianto eolico prossima all'abitato di Belcastro affiorano delle unità argillose limose più o meno addensate quaternarie:

| Profondità (dal p.c.) | Litologia |
|----------------------------------|---|
| da 0,00 m a -1,00/-2,50 m | argille marnose alterate e poco coese |
| da -1,00/-2,50 m a -5,00/-8,00 m | argille debolmente alterate, addensate e compatte |
| da -5,00/-8,00 m a -13,00 m | argille poco alterate, molto compatte e ben addensate |

Nelle aree immediatamente limitrofe al luogo in studio non sono state osservate discontinuità correlabili a faglie attive.

È presumibile che nell'area di installazione dell'impianto eolico possano coesistere più falde: superficiali e più profonde. In fase esecutiva andrà verificata soprattutto la quota di quelle superficiali, al fine di evitare eventuali interazioni nocive con le strutture di fondazione.

Le schede di alcuni pozzi censiti nell'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) individuano la presenza di falde idriche a pochi metri al di sotto del piano campagna. Nelle misure condotte in questi pozzi indicano un livello piezometrico in condizioni statiche che varia tra -13,00 e -14,00 m dal p.c. per pozzi realizzati a circa 14 m s.l.m.

Dai sopralluoghi effettuati e dalla conseguente verifica morfologica eseguita, è possibile asseverare che il tipo di intervento è idoneo con una morfologia poco ondulata, priva di elementi critici che contrasterebbero con il tipo di intervento.

In conclusione, il progetto dell'impianto eolico proposto non modificherebbe in maniera sostanziale la situazione geomorfologica delle aree.

Pertanto gli interventi non andranno ad incrementare in alcun modo il livello di pericolosità geomorfologica per le aree adiacenti e per l'area stessa.

Dal rilevamento in campo e dal confronto dell'ortofoto con la carta dei reticoli idrografici della regione Calabria è stata evidenziata la presenza di diversi piccoli impluvi incisi nei terreni argillosi a carattere prettamente stagionale, caratterizzati da alvei stretti e molto profondi. Questi intersecano il cavidotto in diversi punti.

Pertanto, come si evince dalle relazioni tecniche di progetto, per le interferenze sia con gli impluvi cartografati dalla carta idrogeomorfologica che gli impluvi non cartografati si prevede, dove non sarà possibile realizzare lo scavo in maniera classica, la realizzazione di una Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC).

Sulla cartografia geomorfologica sono state sovrapposte le delimitazioni delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico del PAI redatta dall'Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale – sede Calabria.

Da questa sovrapposizione risulta evidente che nessuno degli aerogeneratori, della sottostazione e del cavidotto in progetto ricadono all'interno delle aree delimitate a rischio idrogeologico secondo la delimitazione del PAI.

Solo due piccoli tratti di cavidotto intersecano aree perimetrare come "Aree attenzione PAI 2001".

Diversamente, dalla sovrapposizione del parco eolico con le mappe di pericolosità e del rischio di alluvione è evidente che la sottostazione e grandi porzioni del cavidotto ricadono in aree ad alta, media e bassa pericolosità idraulica.

Le aree maggiormente interessate da dissesti gravitativi sono quelle dei versanti prossimi ai diversi centri abitati che rilevano i dissesti attivi e di maggiore dimensione.

Il parco eolico è fuori delle aree a rischio frana perimetrare dal vigente PAI. Inoltre dai sopralluoghi eseguiti non sono stati individuati segni di instabilità morfologiche di recente attivazione.

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|
| Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Belcastro (CZ) | | |
| RELAZIONE GEOLOGICA | | |
| Codice documento: | Data emissione: Agosto 2023 | Pagina 65 di 63 |

A seguito dei sopralluoghi effettuati, della campagna di indagini geognostiche eseguita, del rilevamento geologico di dettaglio e della consultazione della cartografia P.A.I. della Regione Calabria è possibile supporre che i siti sui quali si intende realizzare i singoli aerogeneratori sono da considerarsi a bassissima pericolosità geologica:

- Non sono presenti frane o colamenti superficiali;
- Non sono state individuate forme carsiche superficiali o evidenze di forme carsiche ipogee;
- Le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni investigati consentono un adeguato dimensionamento delle strutture di fondazione, escludendo qualsiasi danno provocato da cedimenti immediati o a lungo termine dei terreni stessi;
- Non è stata individuata una falda superficiale che potrebbe, con eventuali variazioni del livello piezometrico, interferire con le fondazioni in progetto;
- Sono presenti, nel sito o in prossimità di esso, corsi d'acqua permanenti e/o stagionali che possano far supporre un rischio inondazione;
- I terreni argillosi presentano una buona permeabilità d'insieme che consentirà alle acque meteoriche di defluire in tempi relativamente rapidi evitando la formazione di ristagni d'acqua nocivi per le strutture che si intende realizzare.

I territori di Scandale e Belcastro ricadono in zona sismica 2:

| Località | Descrizione | Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni | Località |
|-----------------------|---|---|----------|
| Scandale Belcastro | Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti. | 0,15<ag<0,25 | 0,25 g |

Si consiglia di incastrare le fondazioni nei terreni analizzati.

Si consiglia inoltre di comunicare al sottoscritto l'inizio dei lavori, al fine di poter fornire eventuali integrazioni, chiarimenti e suggerimenti tecnici per variazioni progettuali da adottare in corso d'opera, richiesti da possibili imprevisti geologici.

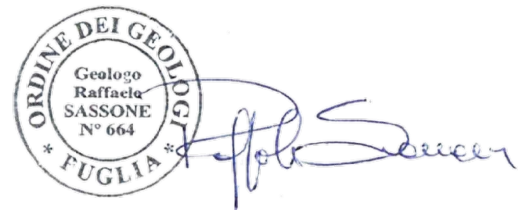
Nella fase esecutiva, allorquando il sottoscritto lo ritenga opportuno, saranno eseguite ulteriori indagini geognostiche dirette e/o indirette, al fine di verificare le eventuali zone di anomalia.

Particolare cura dovrà essere rivolta durante i lavori di captazione e smaltimento delle acque piovane, al fine di evitare infiltrazioni e ristagni idrici al livello e al di sotto dei piani fondali, con conseguente scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Gioia del Colle, Agosto 2023

il Geologo

Dott. Raffaele SASSONE



ALLEGATO 1
REPORT INDAGINI GEOFISICHE



GEOMONITEK SRL

INDAGINI GEOFISICHE E IDROGEOLOGICHE
MONITORAGGIO STRUTTURALE E GEOMECCANICO

COMUNE DI BELCASTRO – PROVINCIA DI CATANZARO

COMUNE DI MESORACA – PROVINCIA DI CROTONE

Elaborato

REPORT INDAGINI GEOFISICHE

REDATTO

VERIFICATO

REVISIONE

GEOL. DE GIORGIO

GEOL. GIGANTE

A

COMMITTENTE:

GEOL. SASSONE RAFFAELE

GEOMONITEK SRL

Via Trieste e Trento 112
70011 Alberobello (BA)
C.F./P.I. 07316560726

EMISSIONE

CODICE ELABORATO

CODICE ARCHIVIAZIONE FILE

15.03.2023

GMT_RGF002_150323

GMT_RGF002_150323.pdf

GEOMONITEK SRL

Sede legale: Corso Trieste e Trento, 112 - 70011 Alberobello (BA) - Italia – P.IVA 07316560726
Tel. 0804322730 - e-mail: info@geomonitek.com - www.geomonitek.com

Indice

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA | 3 |
| 2.1 IL METODO DELLA SISMICA A RIFRAZIONE | 3 |
| 2.2 METODO M.A.S.W. | 3 |
| 2.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA | 4 |
| 3. ATTIVITÀ DI CAMPO | 5 |
| 4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE | 6 |
| 4.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 6 |
| 4.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 9 |
| 4.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 12 |
| 4.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 15 |
| 4.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 18 |
| 4.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 21 |
| 4.7 STENDIMENTO SISMICO QQ': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 24 |
| 4.8 STENDIMENTO SISMICO OO': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 26 |
| 5. ANALISI MASW | 29 |
| 5.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 29 |
| 5.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 32 |
| 5.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 35 |
| 5.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 38 |
| 5.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 41 |
| 5.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 44 |
| 5.7 STENDIMENTO SISMICO QQ': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 47 |
| 5.8 STENDIMENTO SISMICO OO': INTERPRETAZIONE DEI DATI | 50 |
| 6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE..... | 53 |
| 6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO AA' | 54 |
| 6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO BB' | 55 |
| 6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO CC' | 56 |
| 6.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO DD' | 57 |
| 6.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO EE' | 58 |
| 6.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO FF' | 59 |
| 6.7 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO QQ' | 60 |
| 6.8 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO OO' | 61 |
| 7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE | 62 |
| STENDIMENTO SISMICO AA' | 62 |
| STENDIMENTO SISMICO BB' | 62 |
| STENDIMENTO SISMICO CC' | 62 |
| STENDIMENTO SISMICO DD' | 63 |
| STENDIMENTO SISMICO EE' | 63 |
| STENDIMENTO SISMICO FF' | 63 |
| STENDIMENTO SISMICO QQ' | 63 |
| STENDIMENTO SISMICO OO' | 64 |
| 8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA | 65 |

1. PREMESSA

Il presente report riferisce sulle risultanze di indagini geognostiche di tipo indiretto condotte nel territorio comunale di Belcastro e Mesoraca, rispettivamente in Provincia di Catanzaro e Crotona in data 01-02-03 marzo 2023 e finalizzate alla caratterizzazione geofisica del sottosuolo per il progetto relativo al Parco Eolico Belcastro.

L'incarico è stato affidato a questa Società dal Geologo Raffaele Sassone.

L'indagine in loco è consistita nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n.8 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-QQ'-OO'), ubicati come da corografia (Fig.1) e planimetrie inserite in relazione, con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n.8 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulle stesse tracce dei rilievi sismici a rifrazione, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Le tipologie di rilievo condotte sul terreno e le ubicazioni corrispondenti sono state indicate dalla DD.LL., in maniera tale da investigare le aree di interesse compatibilmente con gli spazi fisici a disposizione.

Si sottolinea che l'indagine sismica consente di valutare le risposte fisico-elastiche dell'ammasso roccioso indagato e l'individuazione di superfici di discontinuità fisiche laterali e/o verticali in termini di passaggi di velocità nelle onde elastiche lungo i profili nel sottosuolo.

2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito, come detto in premessa, è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume longitudinali (o onde P) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW che permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali.

2.1 Il metodo della sismica a rifrazione

La prospezione sismica è un'indagine indiretta, che si occupa dell'esplorazione del sottosuolo attraverso lo studio della propagazione di onde elastiche generate in superficie. Tali perturbazioni sono generalmente provocate da vibrazioni impresse al terreno con mezzi meccanici o da esplosioni. Le discontinuità ricercate mediante la prospezione sono di natura fisico-elastica e pertanto la ricostruzione della geometria e natura del sottosuolo possono essere legate sia a reali variazioni litologiche sia a variazioni rinvenibili nell'ambito di uno stesso litotipo. Il metodo della sismica a rifrazione si basa sul concetto di bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito di un fronte d'onda conico. Data quindi una sorgente di onde elastiche (massa battente, martello a percussione, piccola esplosione) e dato uno stendimento di trasduttori velocimetrici (geofoni) posizionati lungo un determinato allineamento, giungeranno ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde birifratte (head wave). Le onde birifratte sono quelle analizzate attraverso il metodo della sismica a rifrazione. Tali perturbazioni giungono sulla superficie di separazione tra due mezzi elastici (2 litologie differenti) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell), si propagano parallelamente alla superficie di discontinuità (prima rifrazione con angolo di 90°), e si rifrangono nuovamente verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza.

Successivamente alla registrazione dei dati, la prima operazione svolta è consistita nell'individuazione dei primi arrivi sui singoli sismogrammi (picking). Dall'acquisizione dei tempi di primo arrivo, conoscendo le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interspazio geofonico), è stato ottenuto un diagramma tempi-distanze (dromocrona), attraverso il quale, applicando diverse metodologie, è stato possibile determinare le velocità di propagazione delle onde nel mezzo sottostante e i relativi spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica. Per le analisi interpretative, è stato utilizzato il software Rayfract (versione 3.21) che ha permesso di ottenere l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità.

2.2 Metodo M.A.S.W.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva, utile a definire l'azione sismica di progetto, che individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali V_s nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna, sulla base della misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, le uniche onde utilizzate nell'indagine MASW, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. L'impiego di tali onde è giustificato dalle proprietà che possiedono, infatti, trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente (scoppio) e allontanandosi da essa (scoppio) subiscono

un'attenuazione geometrica inferiore rispetto a quella che eventualmente avrebbero le onde P ed SV, propagandosi, conseguentemente, a profondità più grandi.

Il metodo M.A.S.W. può essere suddiviso in quattro fasi fondamentali (Roma, 2002):

- calcolo della curva di dispersione sperimentale;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Il calcolo della curva di dispersione sperimentale, si ottiene dalle misure effettuate in situ. Essa si estrae dallo spettro del dominio frequenza – numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo del moto nel dominio spazio-tempo.

Il calcolo delle curve di dispersione numeriche, apparente ed effettiva invece, si ricava applicando un'unica trasformata di Fourier alla funzione di Green. Per il calcolo della prima è stato utilizzato il metodo Roma (2001), mentre per il calcolo della seconda (curva di dispersione effettiva numerica) è stato utilizzato il metodo Lai-Rix (1998).

L'individuazione del profilo Vs, infine, è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

Per quanto riguarda, infine, la strumentazione necessaria all'esecuzione di tale indagine MASW, ci si è avvalsi delle seguenti componenti tecniche: registratore multicanale; geofoni o accelerometri da 4.5 Hz (almeno 12 canali); cavi per stendimenti sismici; sorgente energizzante composta da piastra metallica (per battuta) ed una massa battente di 5 - 10 Kg; bindella metrica per la disposizione geometricamente corretta dei geofoni con interasse compreso tra 0.5 e 5 metri.

2.3 Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata per la registrazione dei segnali è del tipo a 24 canali, modello DBS280 (anno 2012) della DOLANG interfacciato con un computer portatile.

L'attrezzatura è composta da:

- **un sistema di energizzazione:** la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in acciaio posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV;
- **un sistema di trigger:** consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.
- **un sistema di ricezione:** costituito da 24 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione 4,5 Hz.
- **un sistema di acquisizione dati:** con memoria dinamica a 16 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali per un totale di 24 canali, 2 cavi sismici a 12 take-outs ciascuno spaziato a 5 metri, notebook PC Windows XP con software DBS280 Versione 5.1 della DOLANG

3. ATTIVITÀ DI CAMPO

L'indagine in loco è consistita come detto nella realizzazione di n.8 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-QQ'-OO') e nell'esecuzione di n.8 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of SurfaceWaves) sulle stesse tracce delle sezioni tomografiche, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Gli stendimenti sismici hanno tutti lunghezza di 24 metri e sono ubicati come riportato nella seguente figura (Fig.1).

Gli stendimenti sismici sono stati posizionati in relazione all'ubicazione delle pale eoliche ed alla sottostazione di servizio.

Le informazioni di correlazione sono riportate nella seguente tabella.

| Sigla Stendimento sismico | AA' | BB' | CC' | DD' | EE' | FF' | QQ' | OO' |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Sigla impianto | WTG 1 | WTG 2 | WTG 5 | WTG 6 | WTG 4 | WTG 3 | WTG 7 | SOTTOSTAZIONE |
| Lunghezza [m] | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |

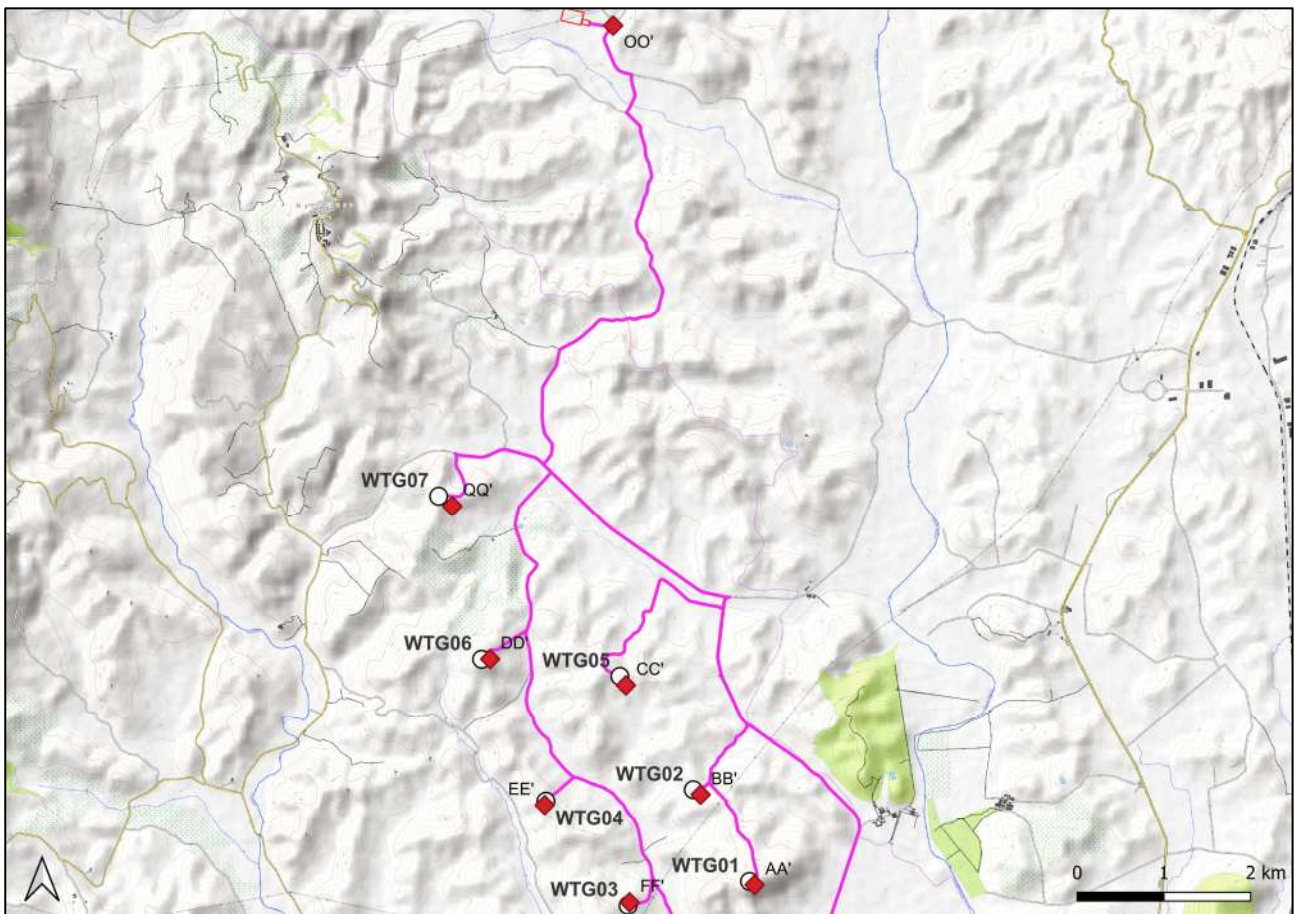


Fig. 1 – Corografia delle prospezioni geofisiche

4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE

4.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione AA' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NE/SW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

A – 663869.0 – 4313670.6 | A' – 663840.1 – 4313660.7

Lo stendimento AA' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.2).



Fig. 2 – Ubicazione dello stendimento sismico AA' su ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.3).



Fig.3 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione AA'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 4 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

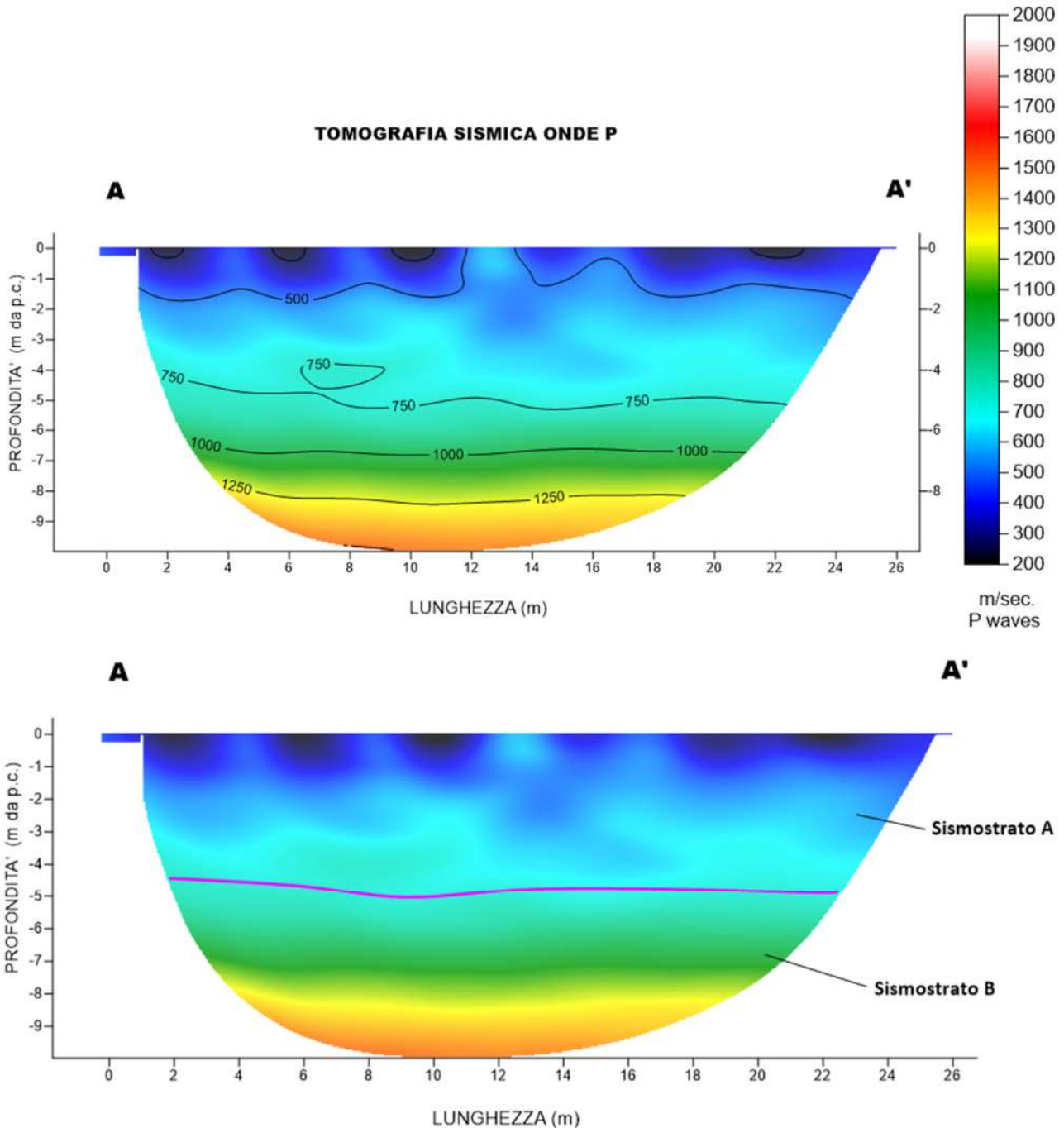


Fig. 4 – Sezione tomografica del profilo AA' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **2 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità variabile e compresa tra 4-5 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 750 m/s. Il secondo sismostrato invece, è caratterizzato da un incremento delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 1500 m/s alle profondità indagate, ossia circa 10 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

4.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione BB' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NE/SW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

B – 663239.1 – 4314705.8 B'– 663223.4 – 4314686.6

Lo stendimento BB' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.5).

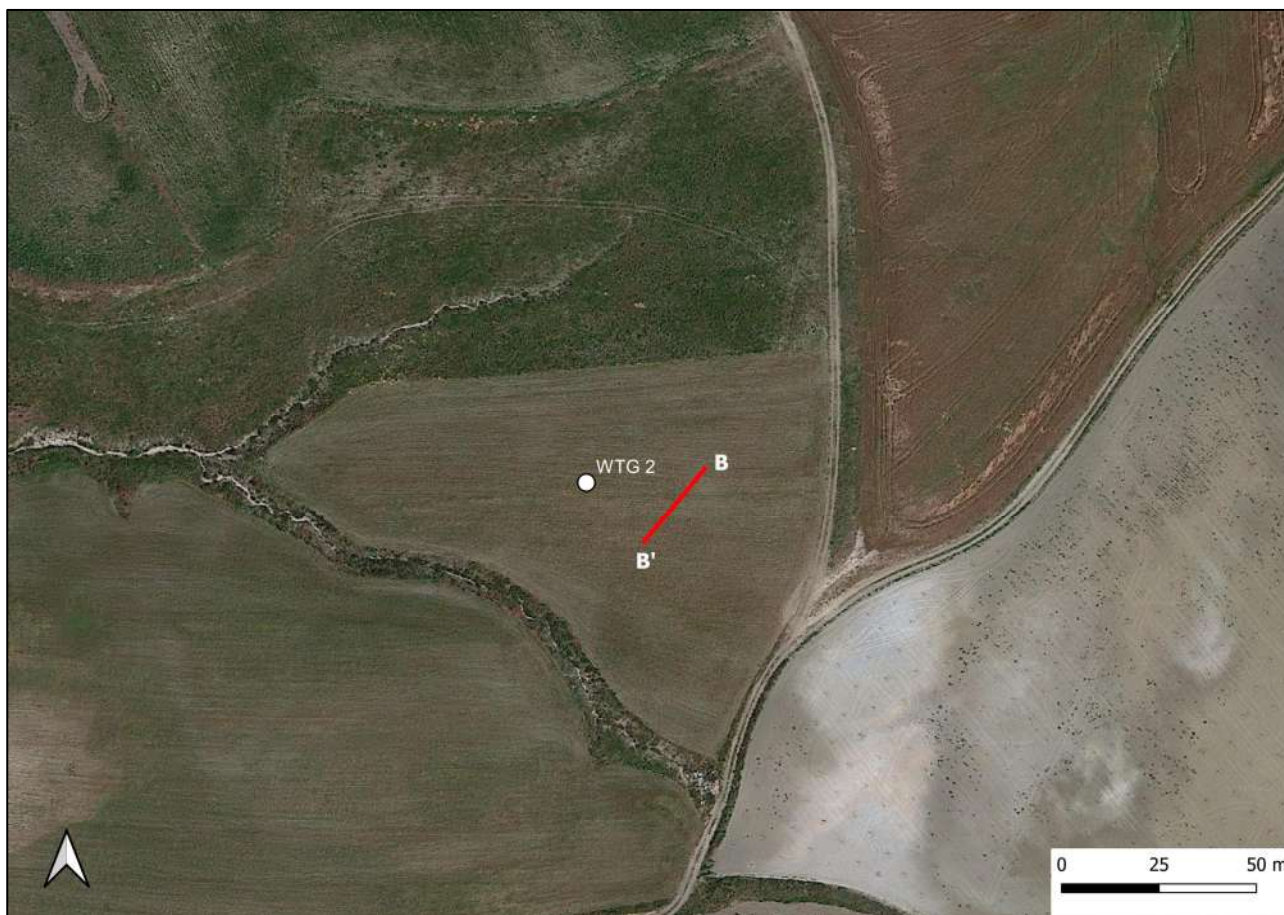


Fig. 5 – Ubicazione dello stendimento sismico BB' su Ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.6).



Fig.6 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione BB'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 7 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

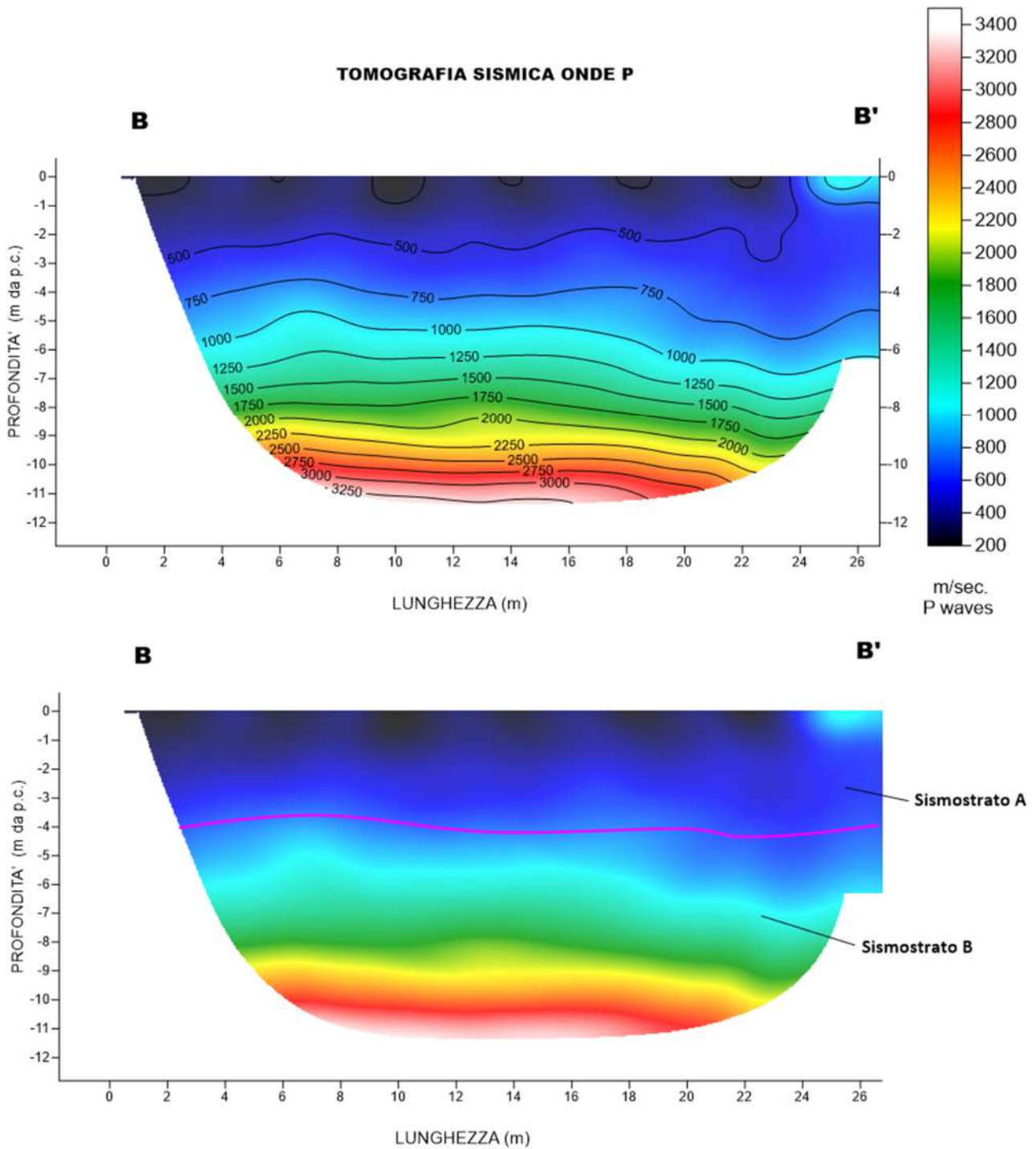


Fig. 7 – Sezione tomografica del profilo BB' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **2 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 4 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 750 m/s. Il secondo sismostrato

invece, è caratterizzato da un incremento delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 3000 m/s alle profondità indagate, ossia circa 12 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

4.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione CC' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata E/W e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

C – 662295.9 – 4316026.7 C' – 662328.0 – 4316022.7

Lo stendimento CC' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.8).

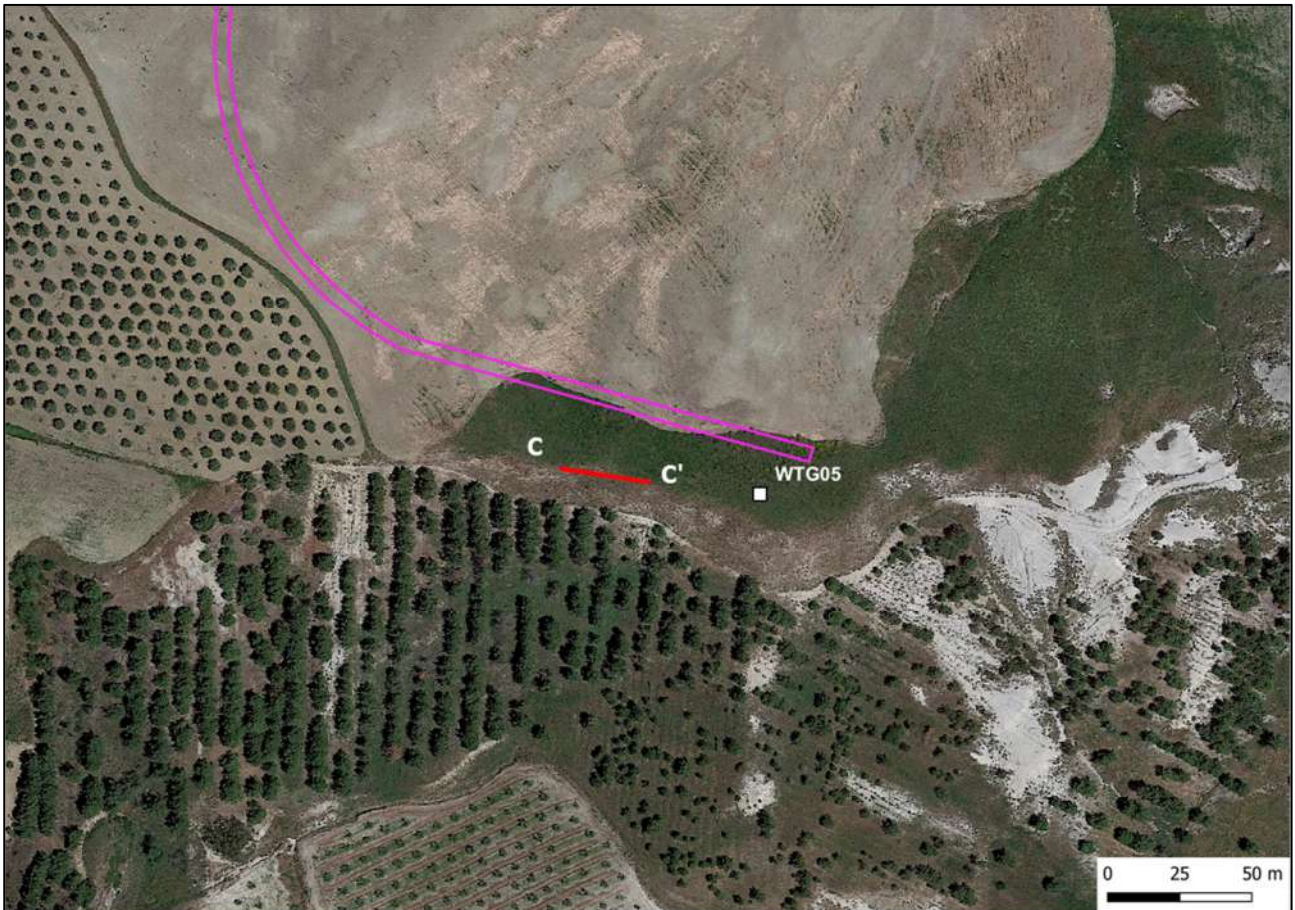


Fig. 8 – Ubicazione dello stendimento sismico CC' su Ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.9).

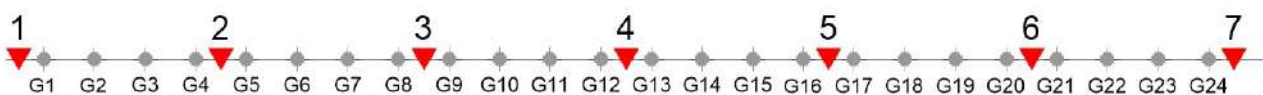


Fig.9 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione CC

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 10 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

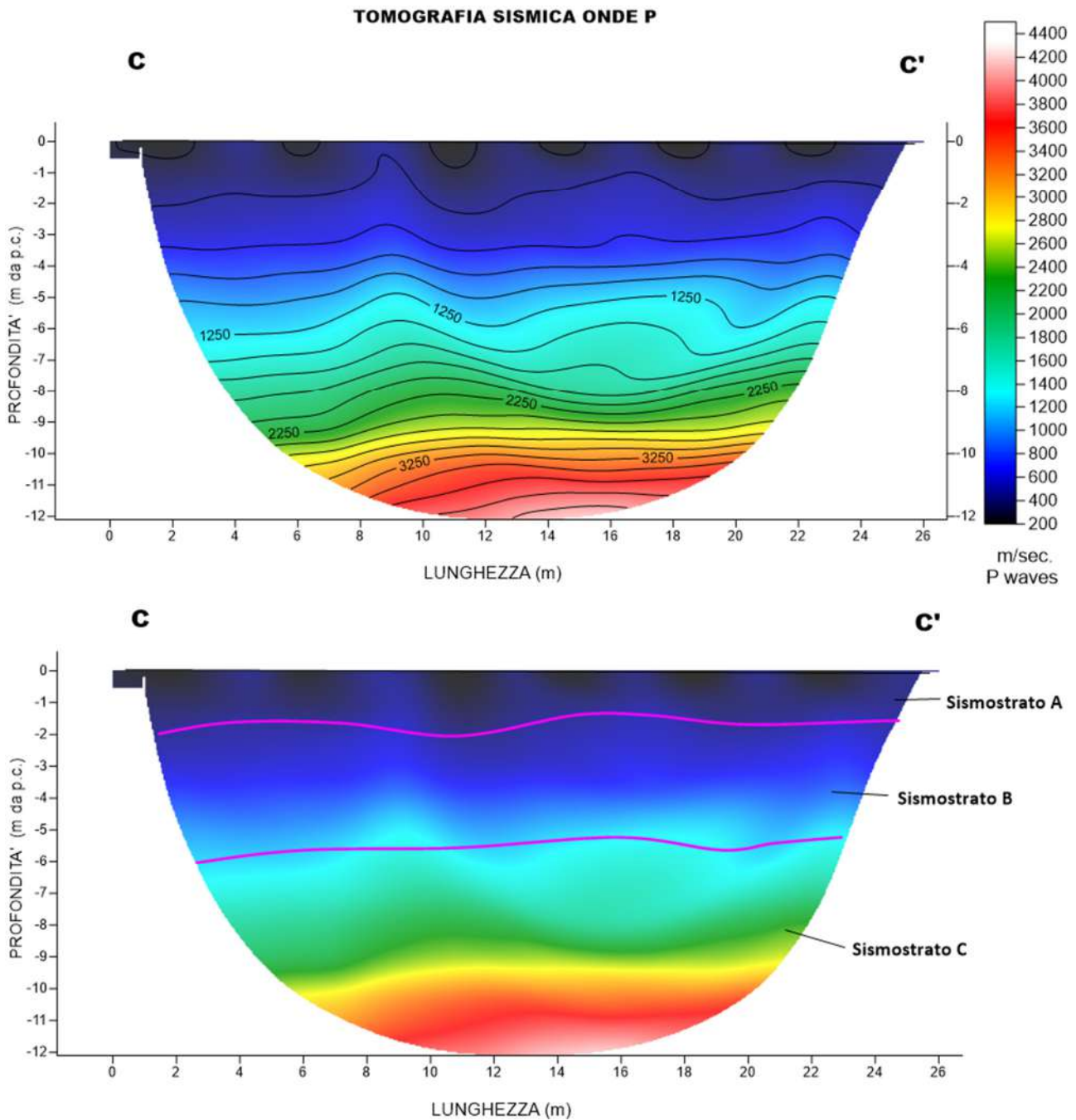


Fig. 10 – Sezione tomografica del profilo CC' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 1250 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere

una profondità di circa 6 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 12 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

4.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione DD' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NW/SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

D – 660737.2 – 4316215.9 D' – 660748.9 – 4316195.3

Lo stendimento DD' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.12).

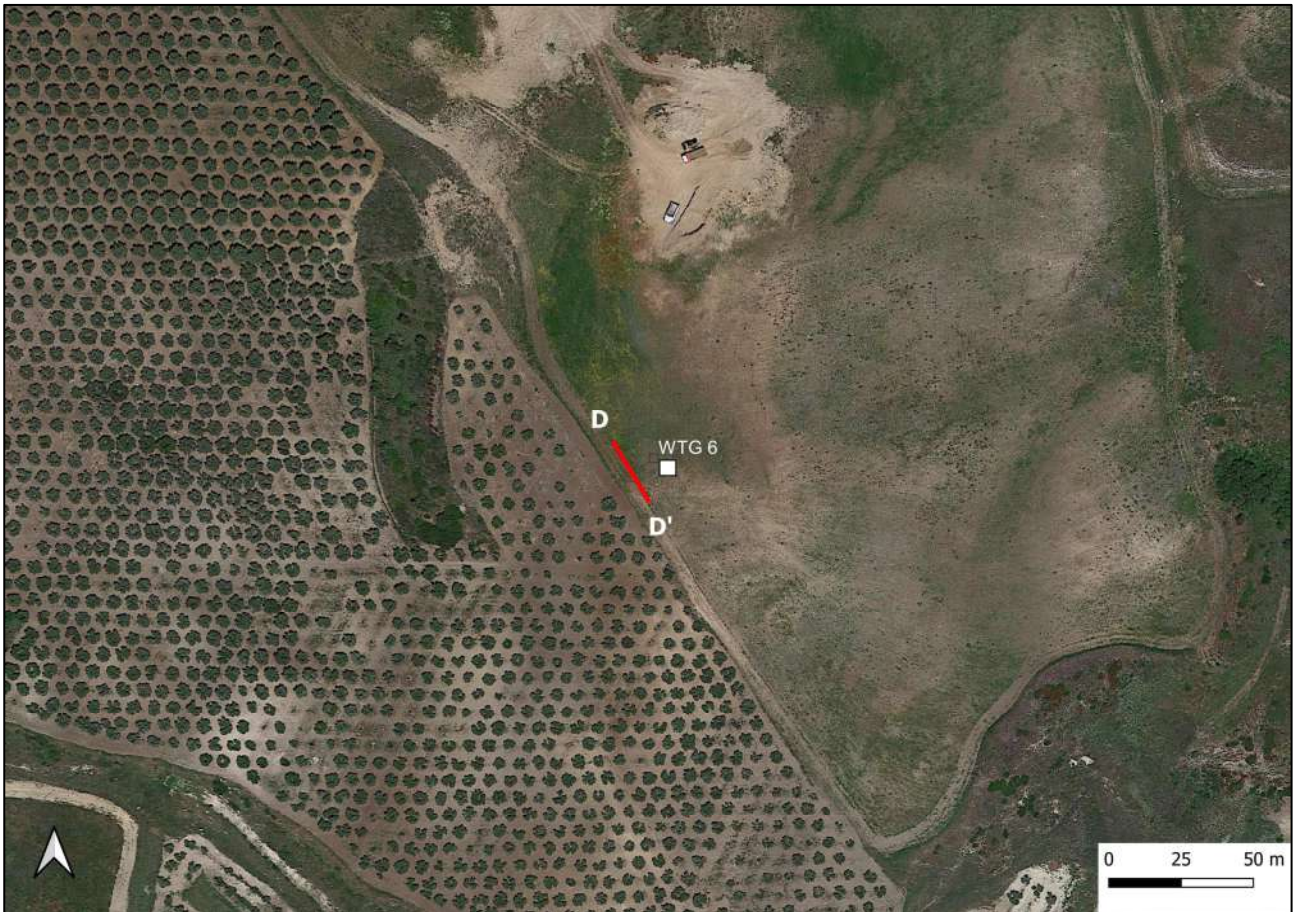


Fig. 12 – Ubicazione dello stendimento sismico DD' su Ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.13).



Fig.13 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione DD'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 14 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

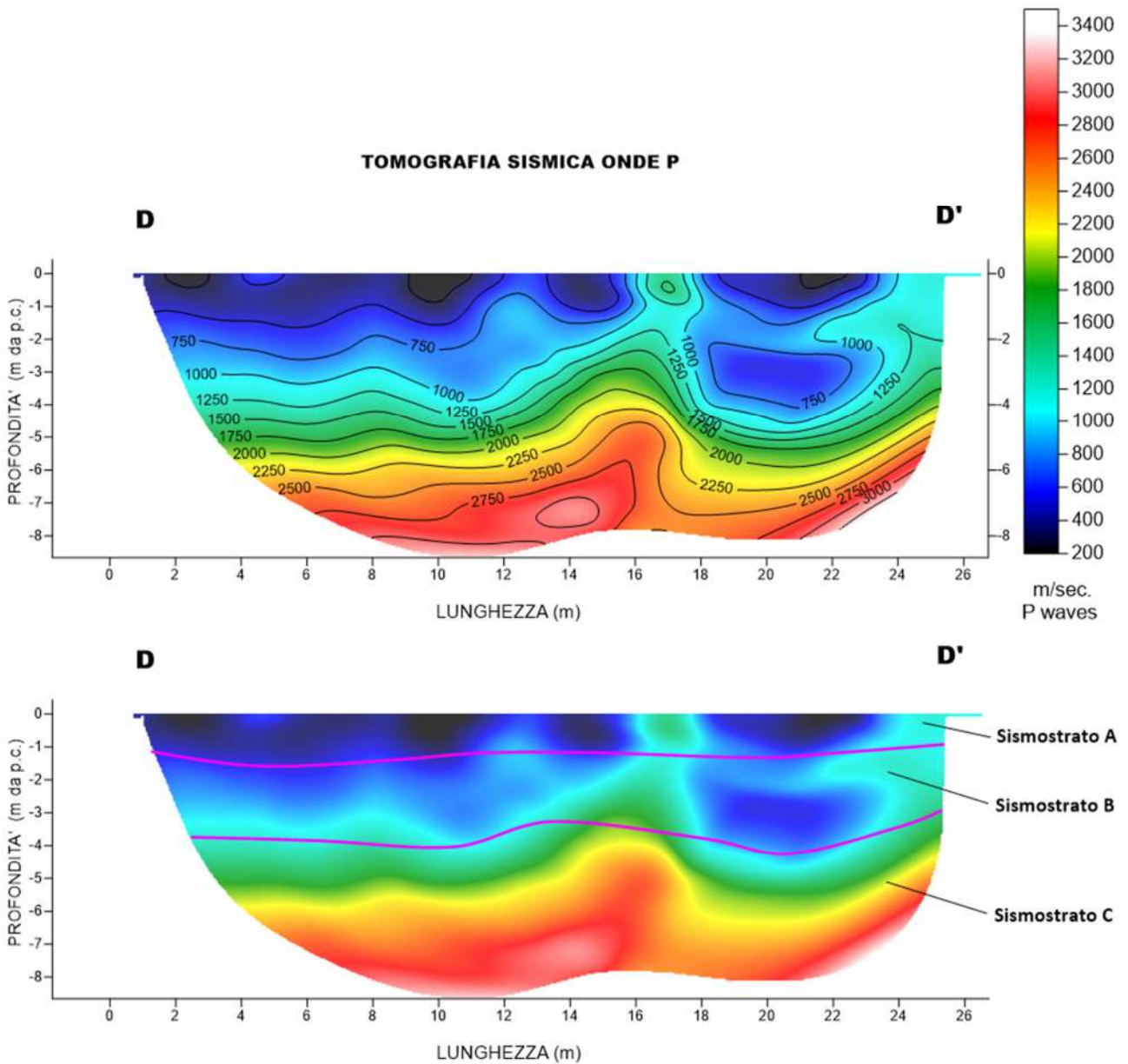


Fig. 14 – Sezione tomografica del profilo DD' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 1 metro, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 1250 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 4 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 8 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

4.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione EE' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata N.NW/S.SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

E – 661491.6 – 4314593.4 E'– 661497.6 – 4314569.1

Lo stendimento EE' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.15).



Fig. 15 – Ubicazione dello stendimento sismico EE' su Ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.16).



Fig.16 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione EE'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 17 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

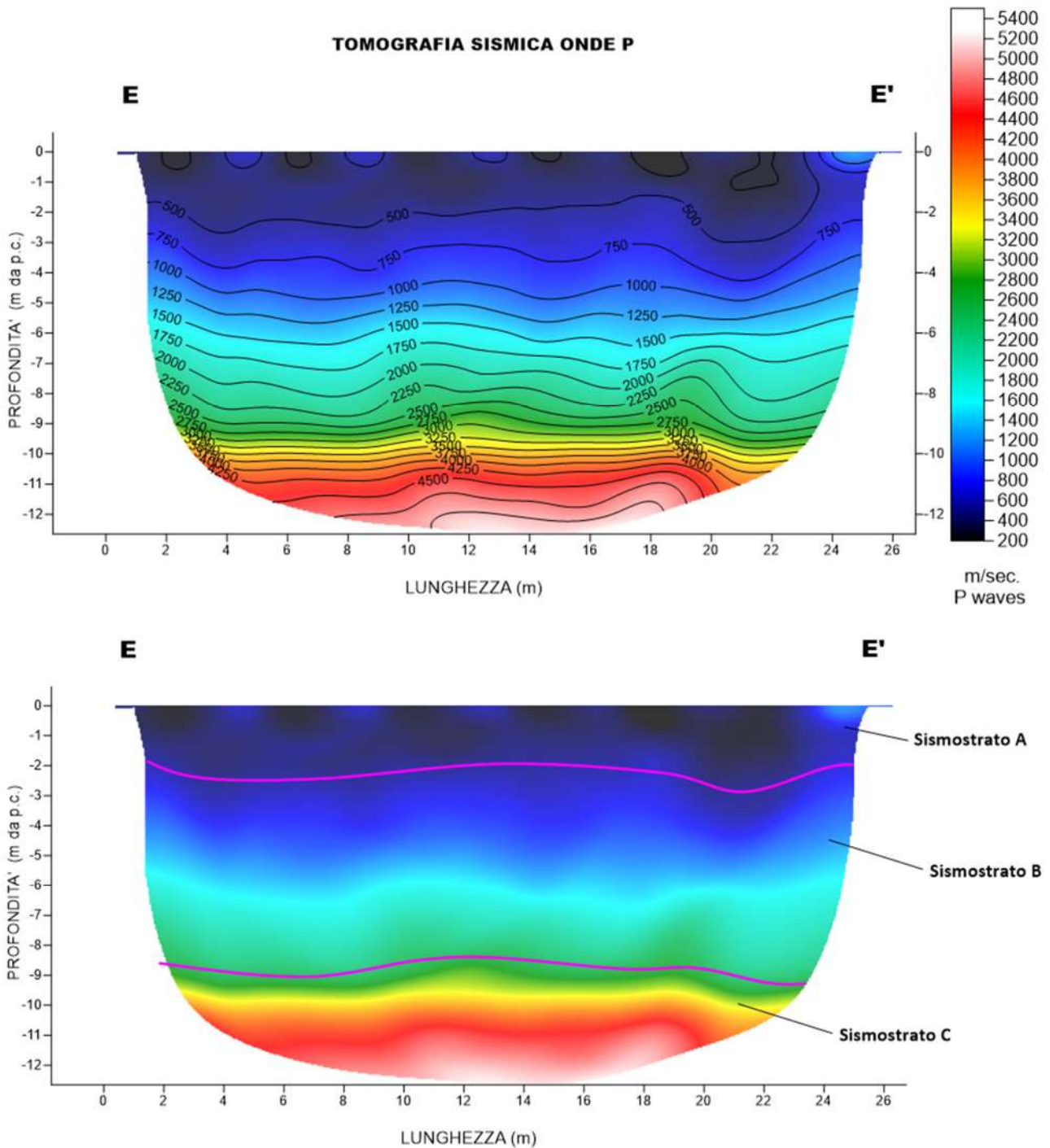


Fig. 17 – Sezione tomografica del profilo EE' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 2500 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere

una profondità di circa 9 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 13 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

4.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione FF' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata SW/NE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

F – 662463.2 – 4313382.8 F' – 662479.1 – 4313402.5

Lo stendimento FF' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.18).

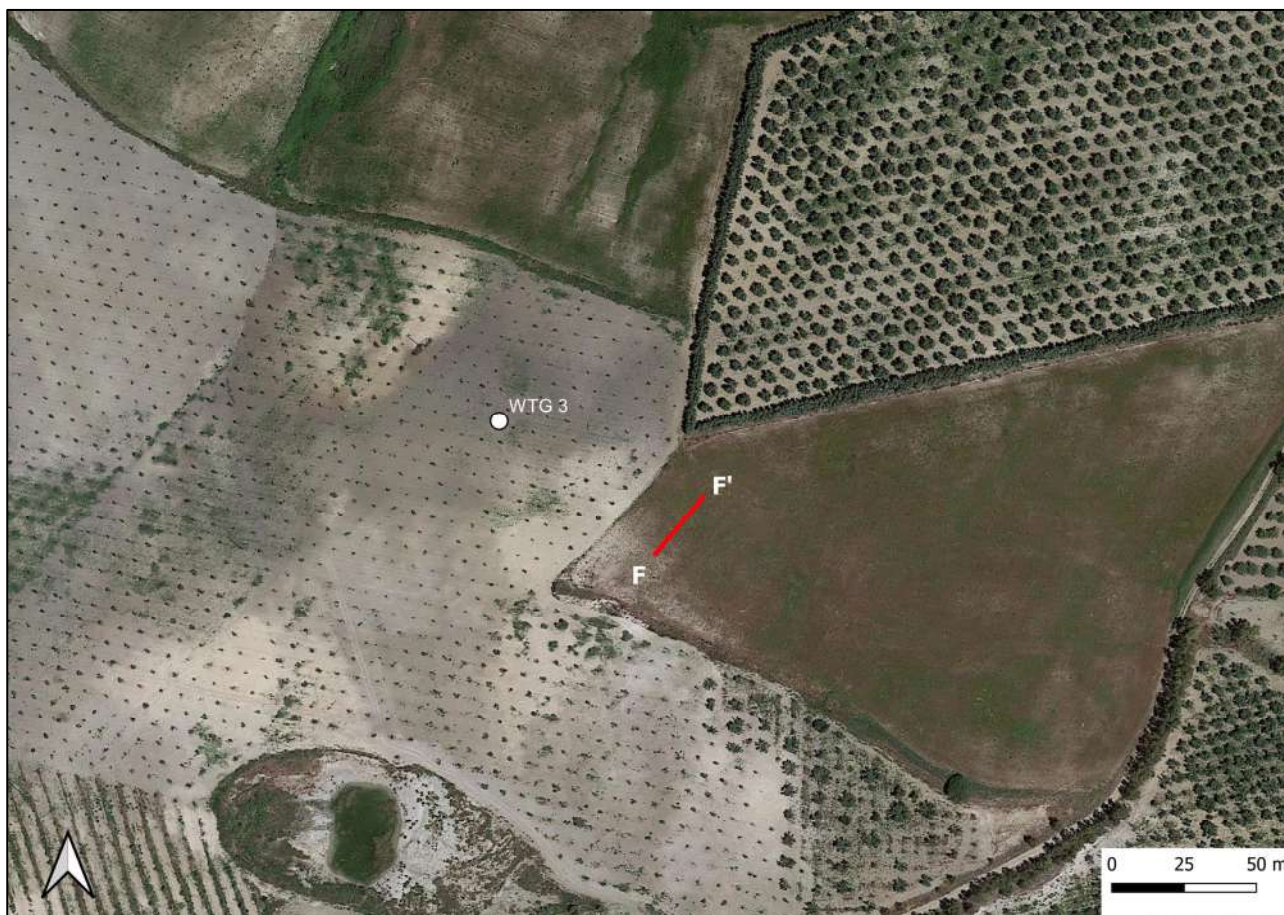


Fig. 18 – Ubicazione dello stendimento sismico FF' su Ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.19).



Fig.19 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione FF'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 20 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

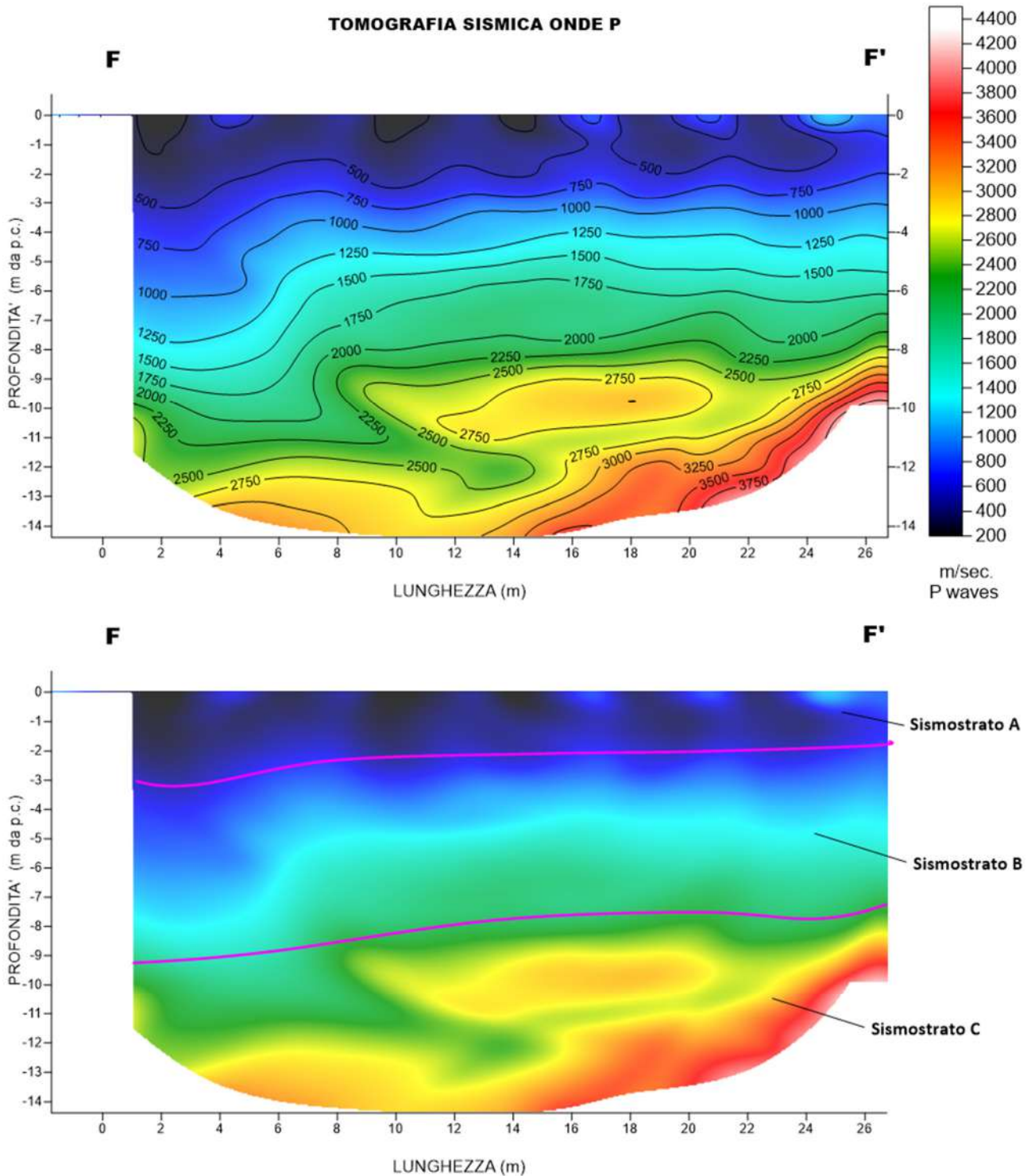


Fig. 20 – Sezione tomografica del profilo FF' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2-3 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è

caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 2000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 9 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 14 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

4.7 Stendimento sismico QQ': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione QQ' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata SW/NE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

Q – 660277.5 – 4318068.7 Q' – 660300.2 – 4318076

Lo stendimento QQ' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.18).

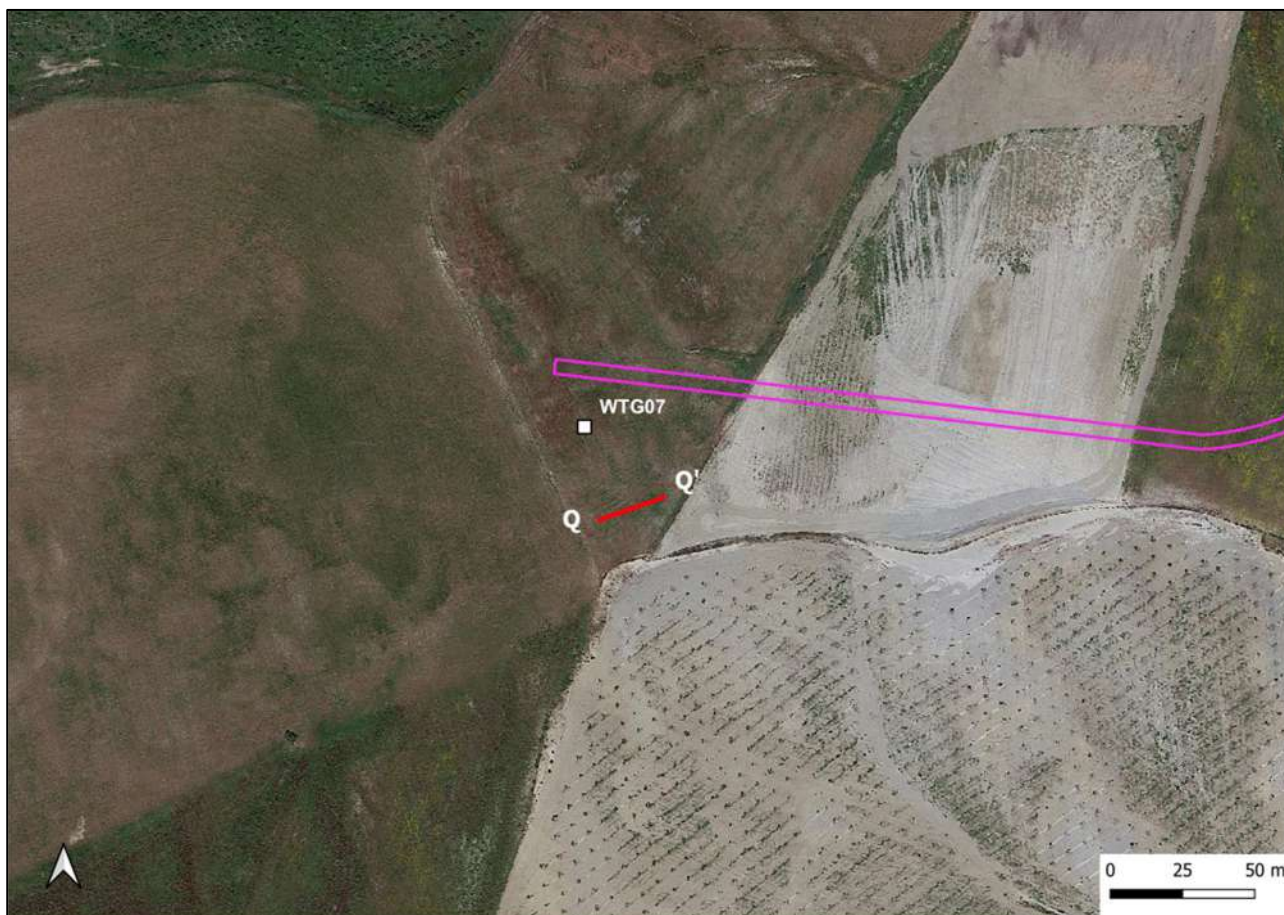


Fig. 21 – Ubicazione dello stendimento sismico QQ' su Ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.19).



Fig.22 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione FF'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 23 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

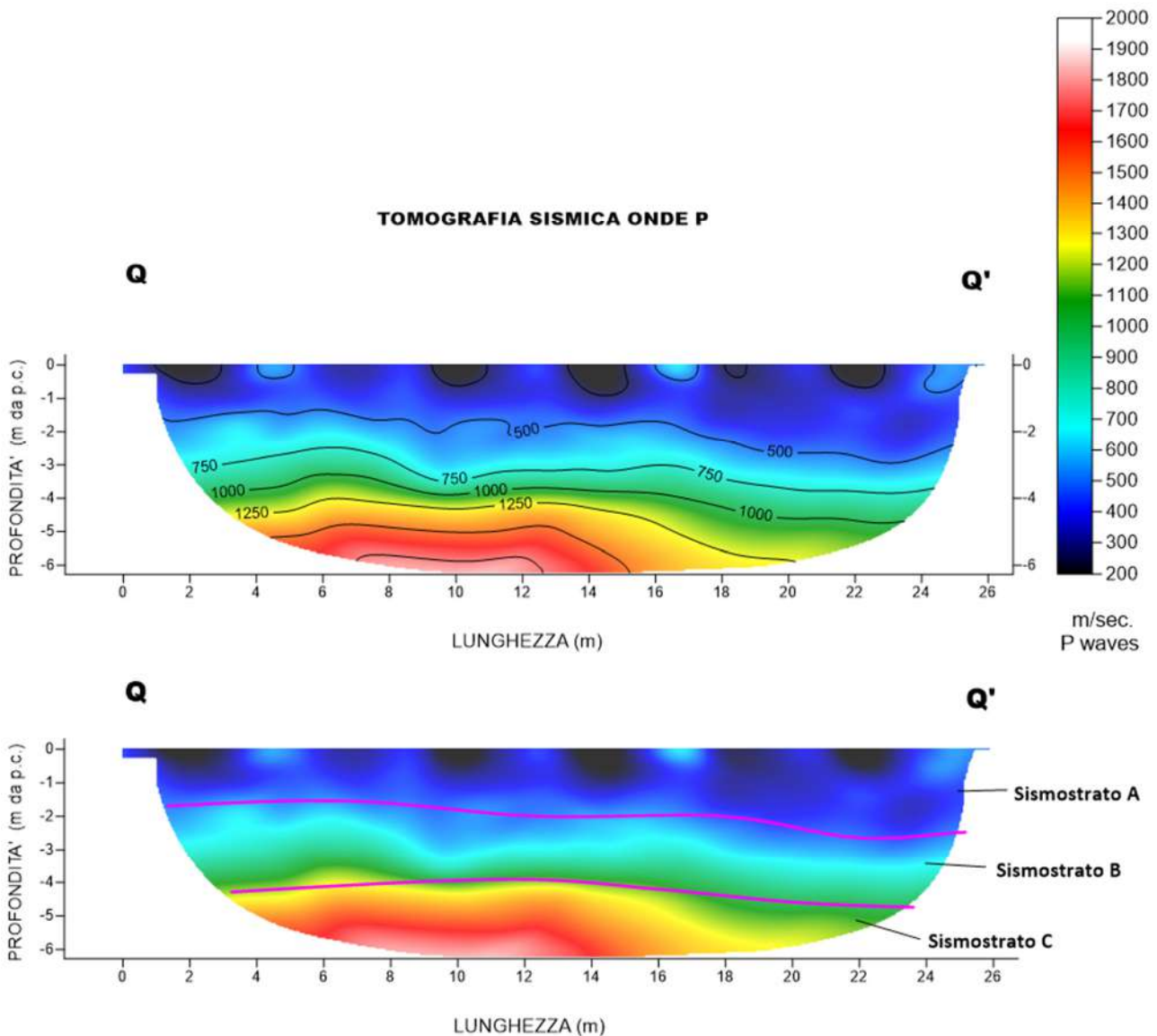


Fig. 23 – Sezione tomografica del profilo QQ' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa 2 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 1250 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 4 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 6 m dal p.c.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B e C, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

4.8 Stendimento sismico OO': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione OO' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata N.NW/S.SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

G – 662252.8 – 4323560.8 G' – 662259.8 – 4323535.3

Lo stendimento OO' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.24).

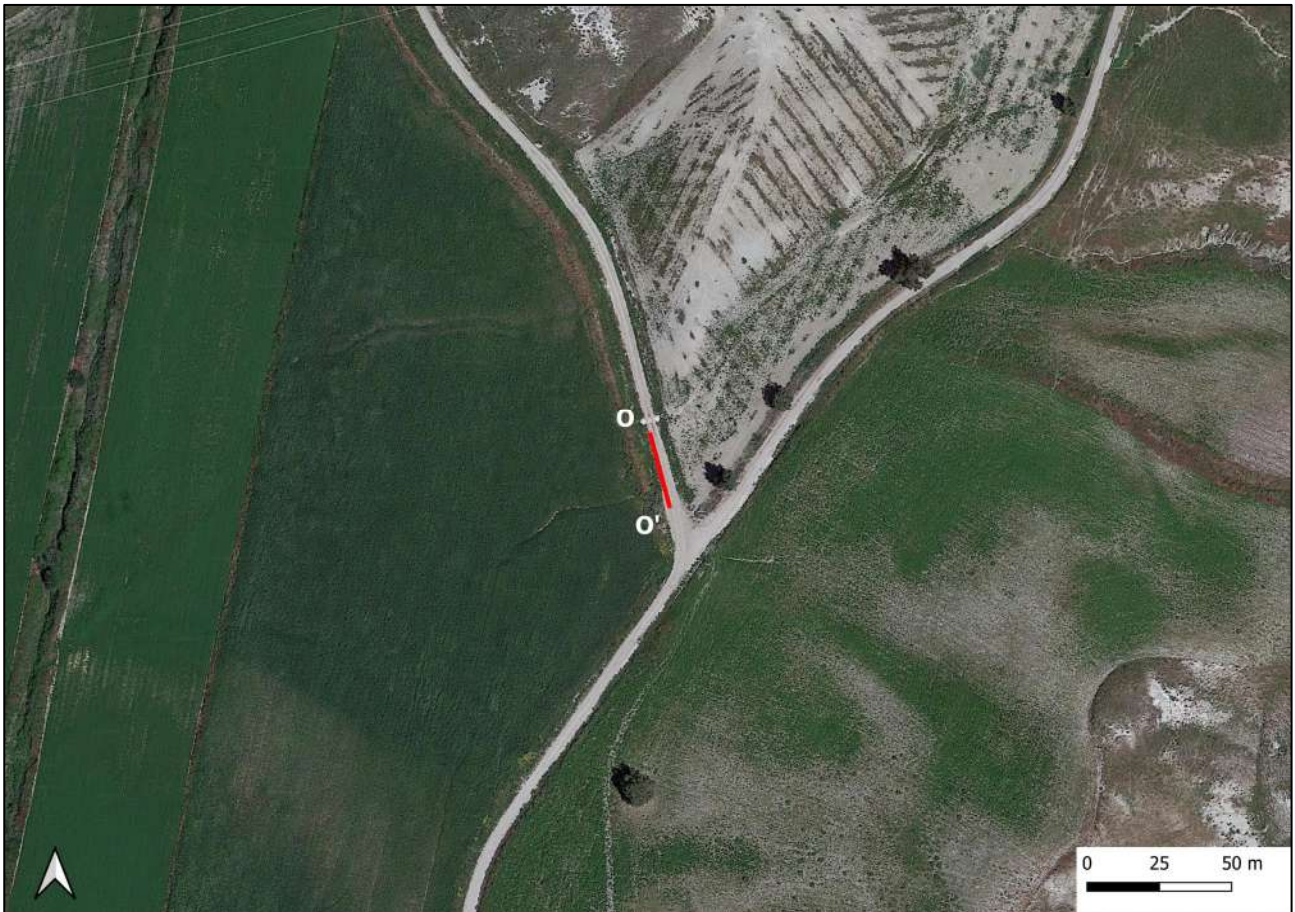


Fig. 24 – Ubicazione dello stendimento sismico OO' su Ortofoto

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.25).

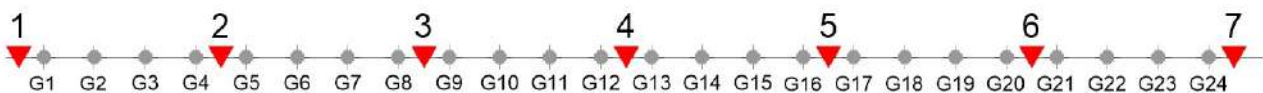


Fig.25 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione OO'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 26 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

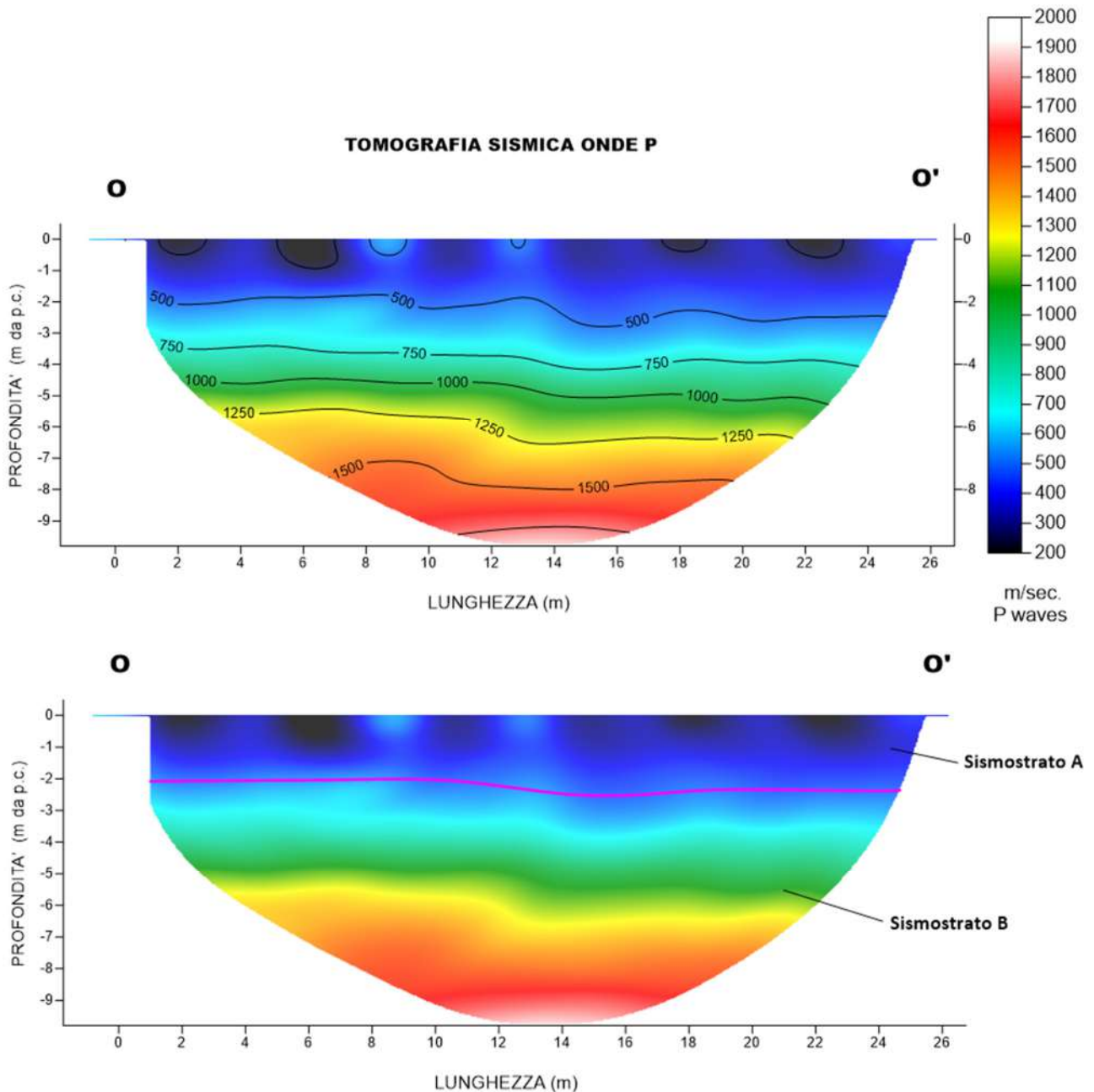


Fig. 26 – Sezione tomografica del profilo OO' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **2 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di 2 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Il secondo sismostrato invece, è caratterizzato da un incremento delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 1750 m/s alle profondità indagate, ossia circa 10 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A ad una coltre di argille marnose alterate e poco coese, mentre i sedimenti del sismostrato B, sono riferibili ad argille ma il cui grado di compattazione aumenta con la profondità.

5. ANALISI MASW

L'indagine geofisica è stata completata con l'esecuzione di n.8 indagini MASW per la determinazione della categoria di suolo di fondazione e la stima del fattore di amplificazione sismica dell'area, sulla stessa traccia dei profili precedenti.

5.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.27).

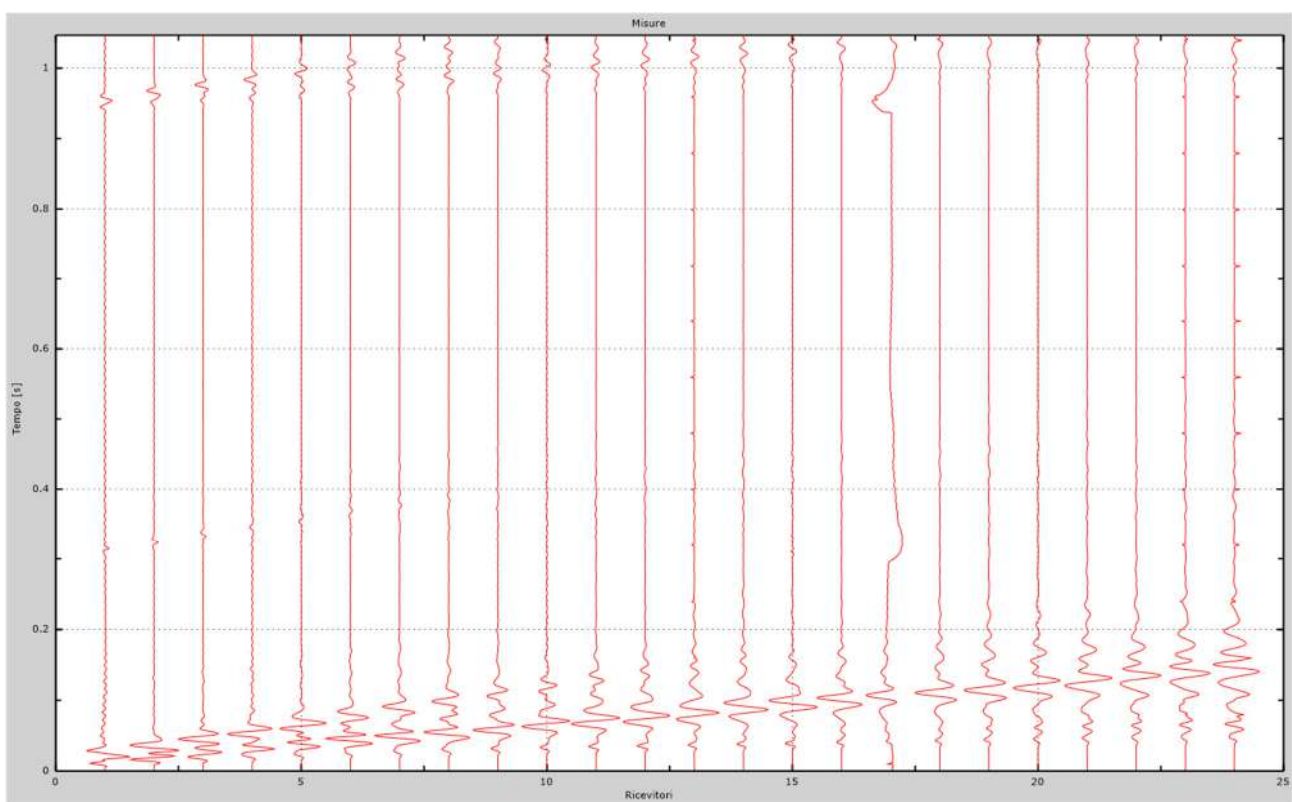


Fig. 27 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo AA'

L'individuazione del profilo V_s in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.28) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.29). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.30). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

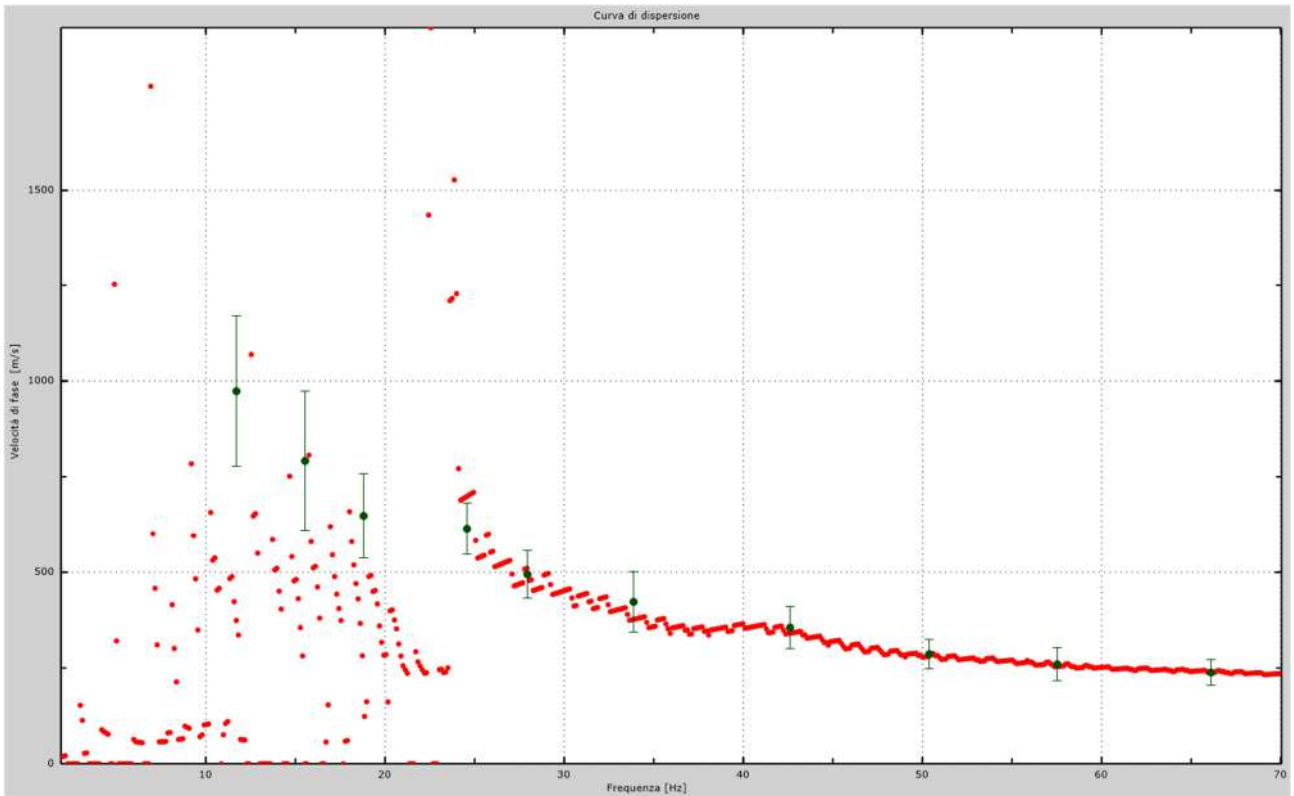


Fig.28 - Curva di dispersione sperimentale.

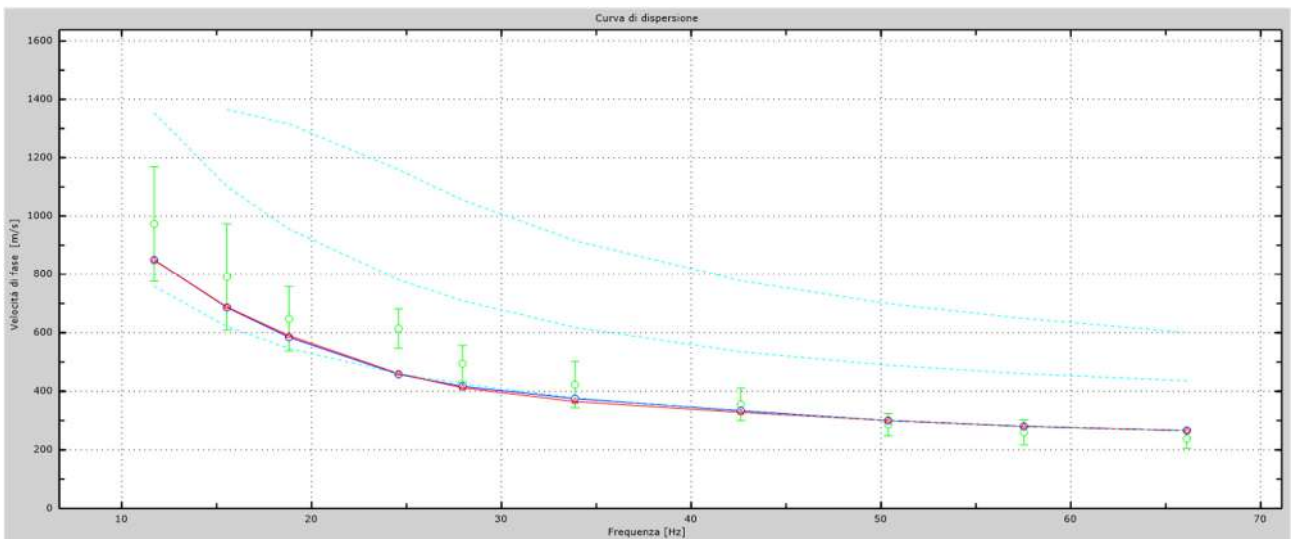


Fig.29 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

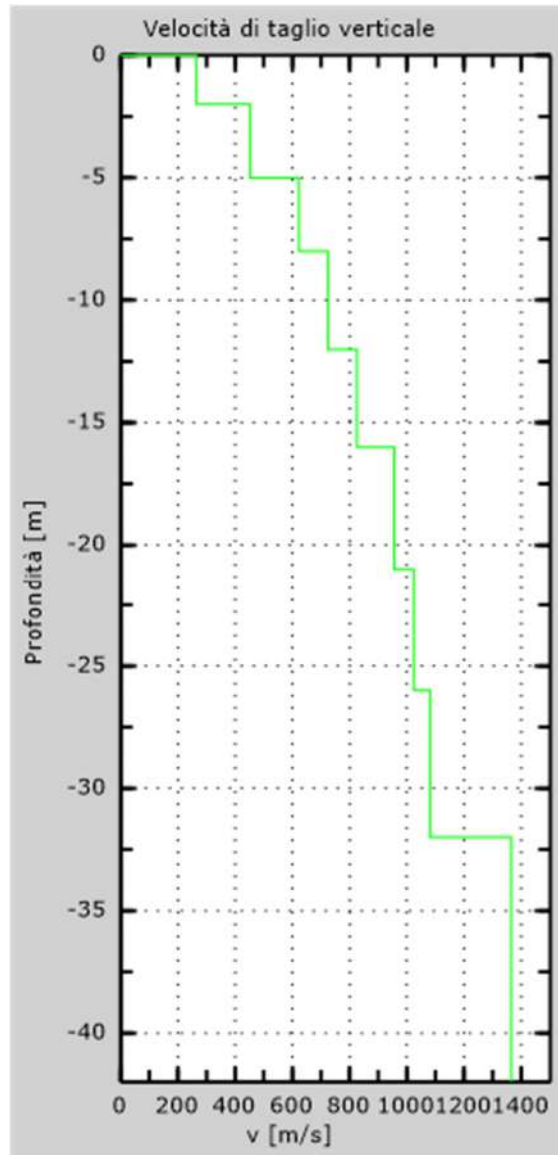


Fig. 30 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.31).

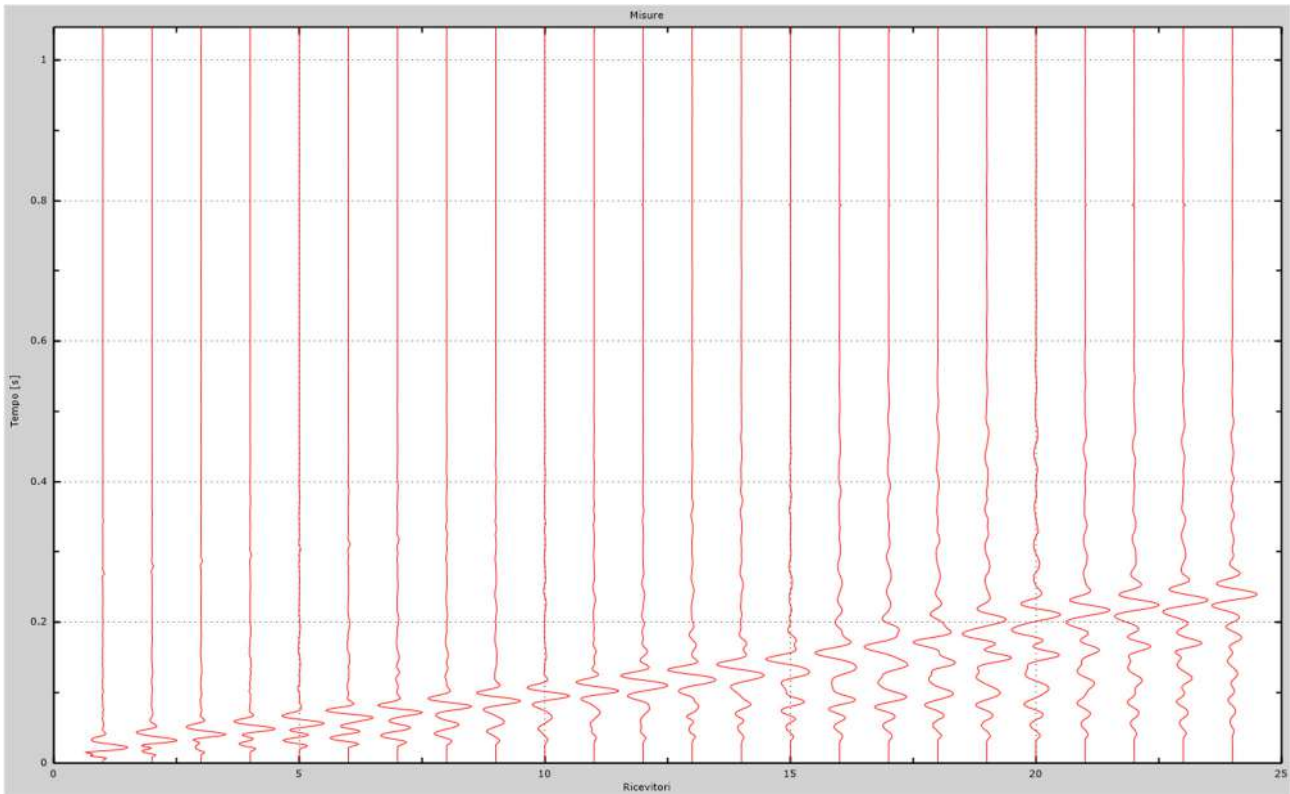


Fig. 31 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo BB'

L'individuazione del profilo V_s in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.32) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.33). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.34). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

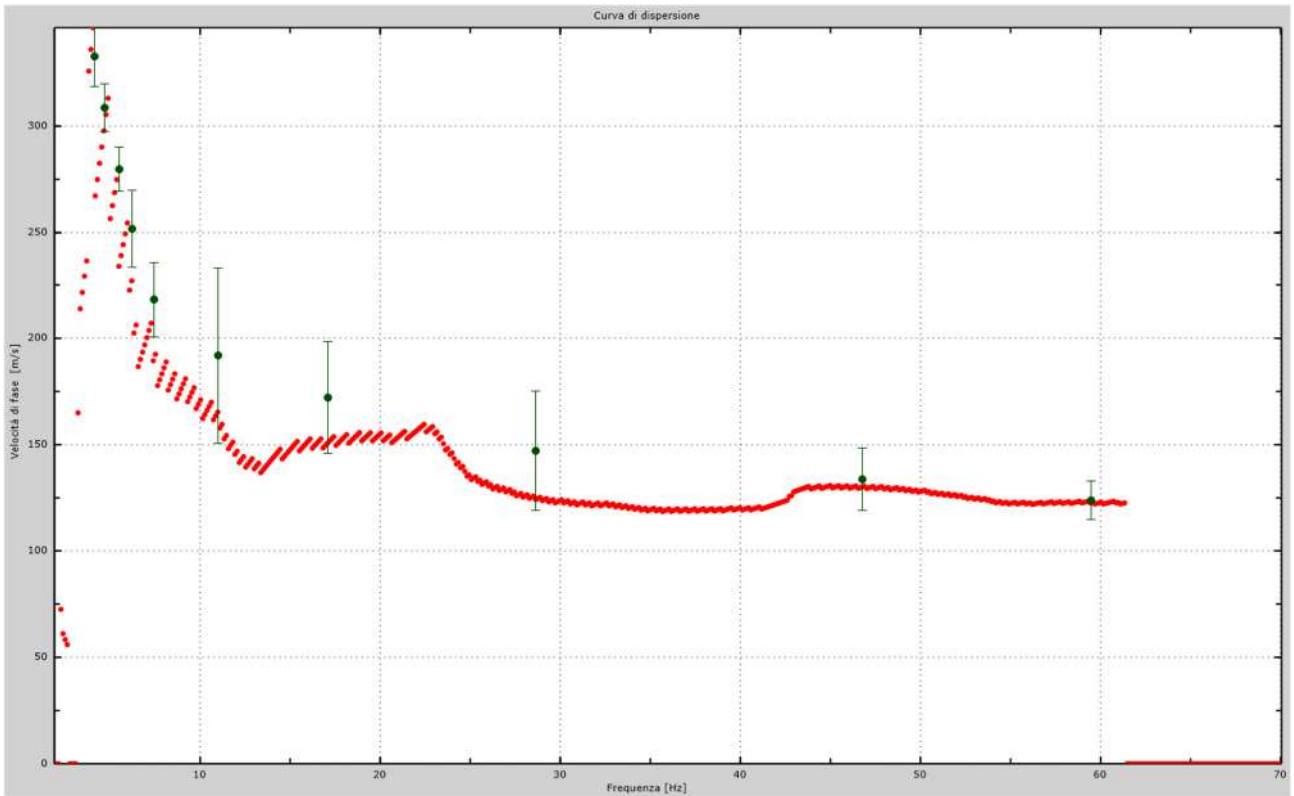


Fig.32 - Curva di dispersione sperimentale.

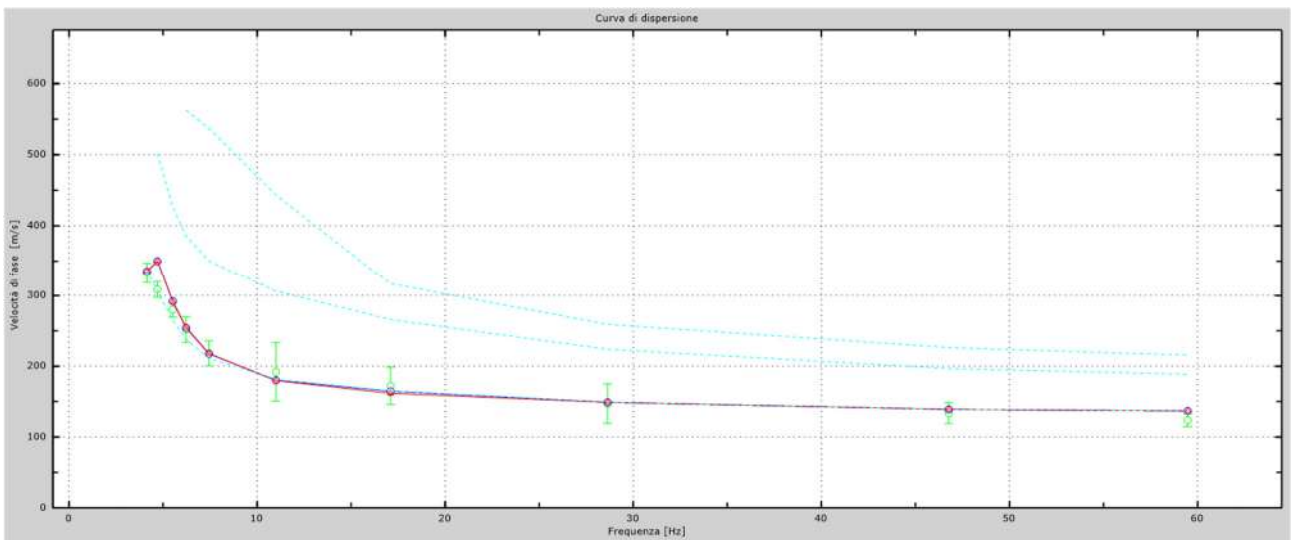


Fig.33 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

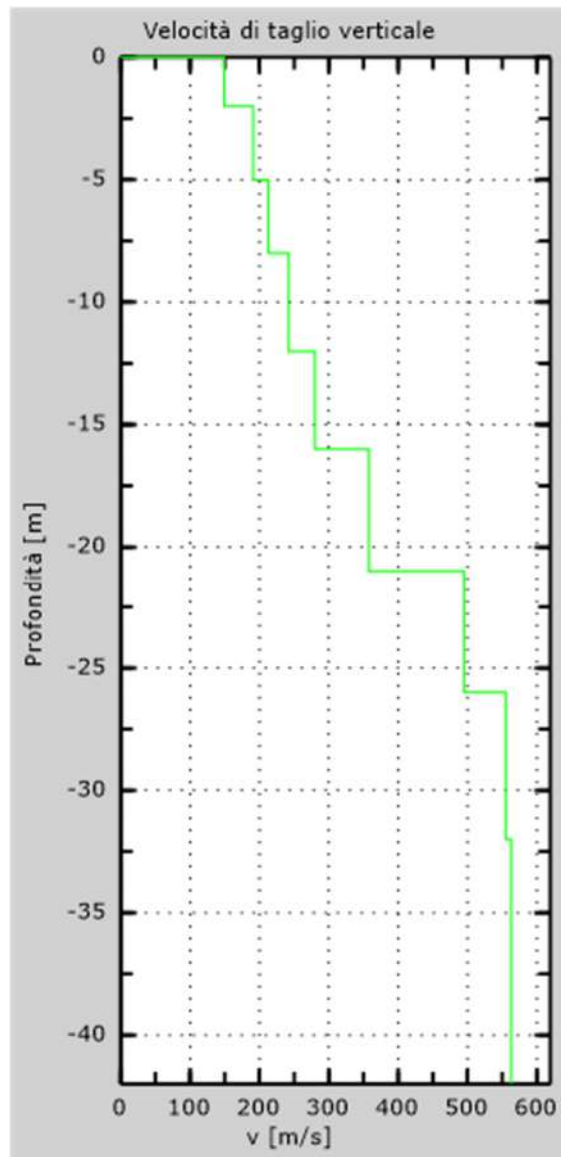


Fig. 34 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.35).

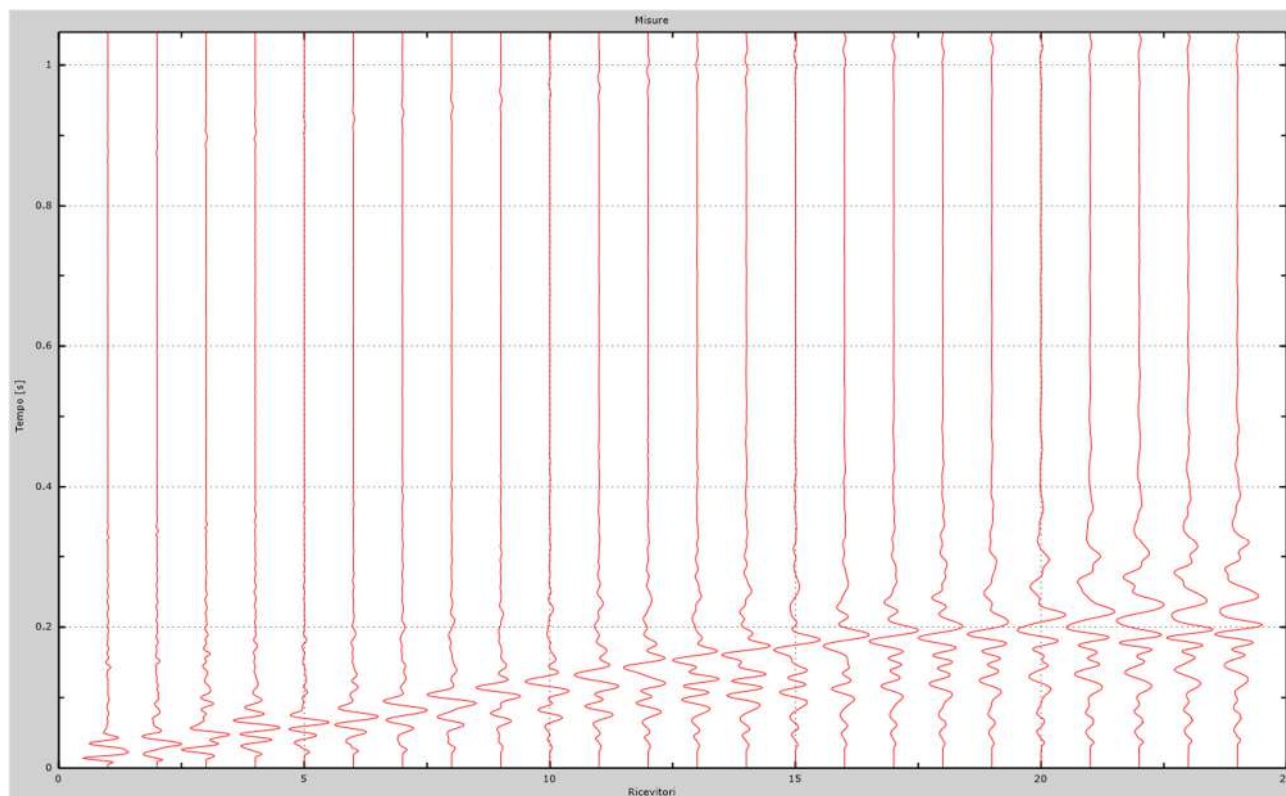


Fig. 35 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo CC'

L'individuazione del profilo V_s in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.36) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.37). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.38). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

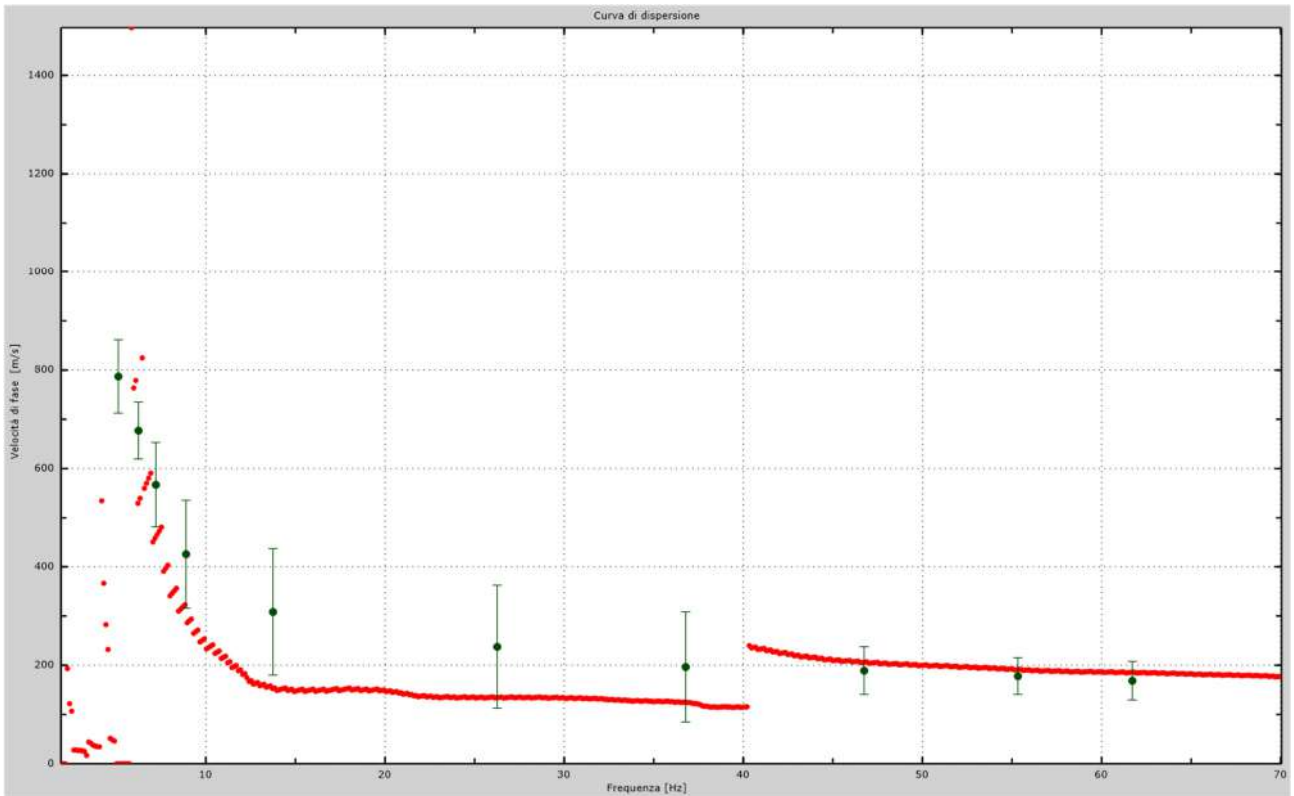


Fig.36 - Curva di dispersione sperimentale.

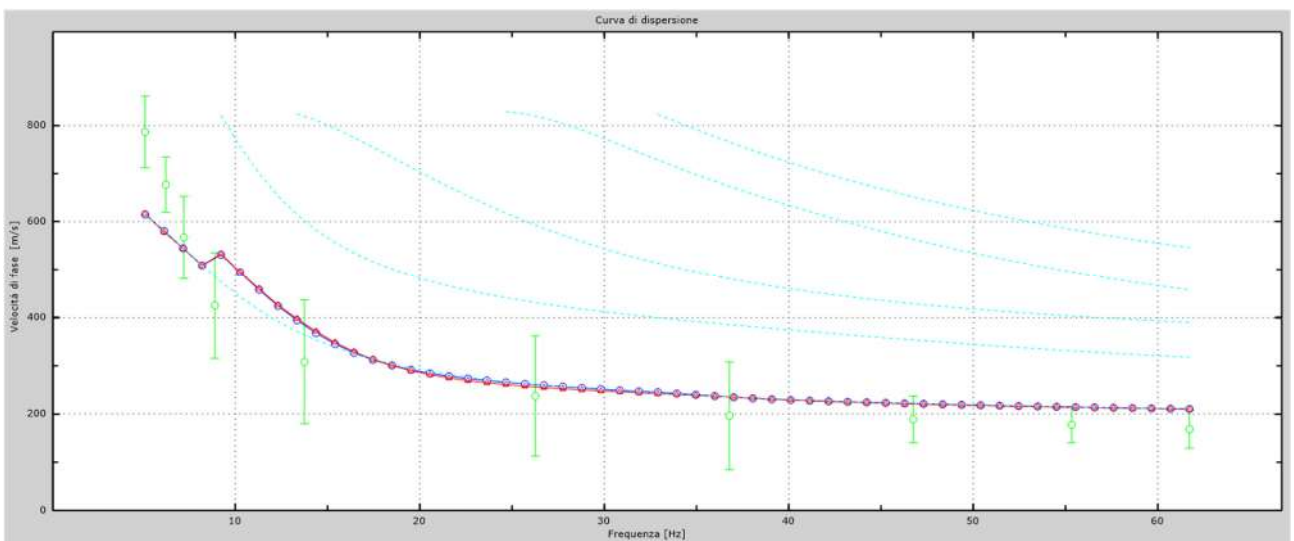


Fig.37 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

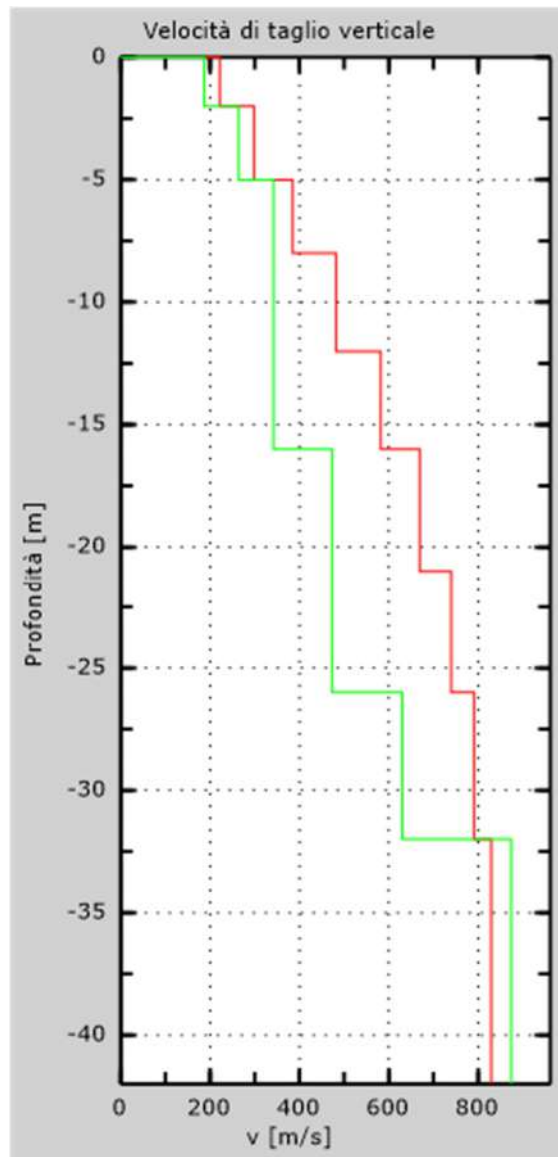


Fig. 38 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.39).

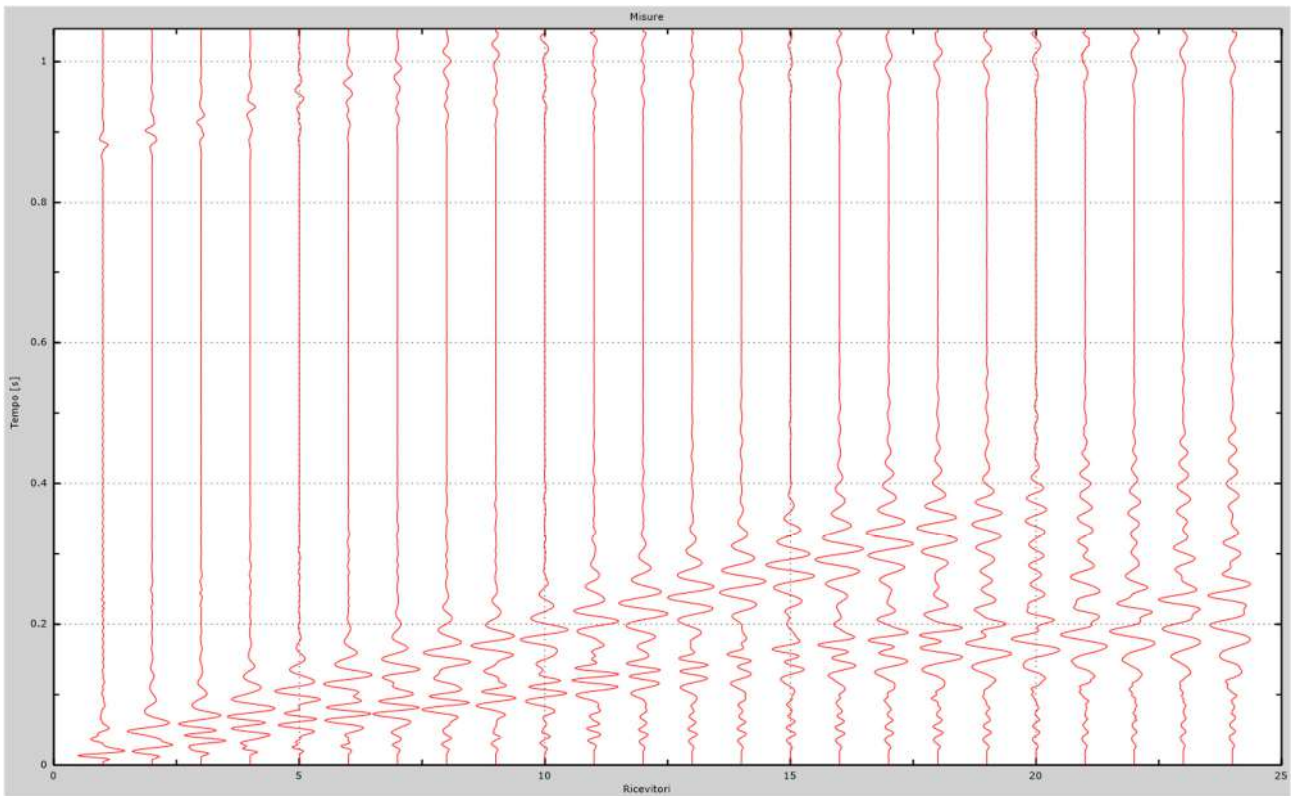


Fig. 39 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo DD'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.40) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.41). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.42). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

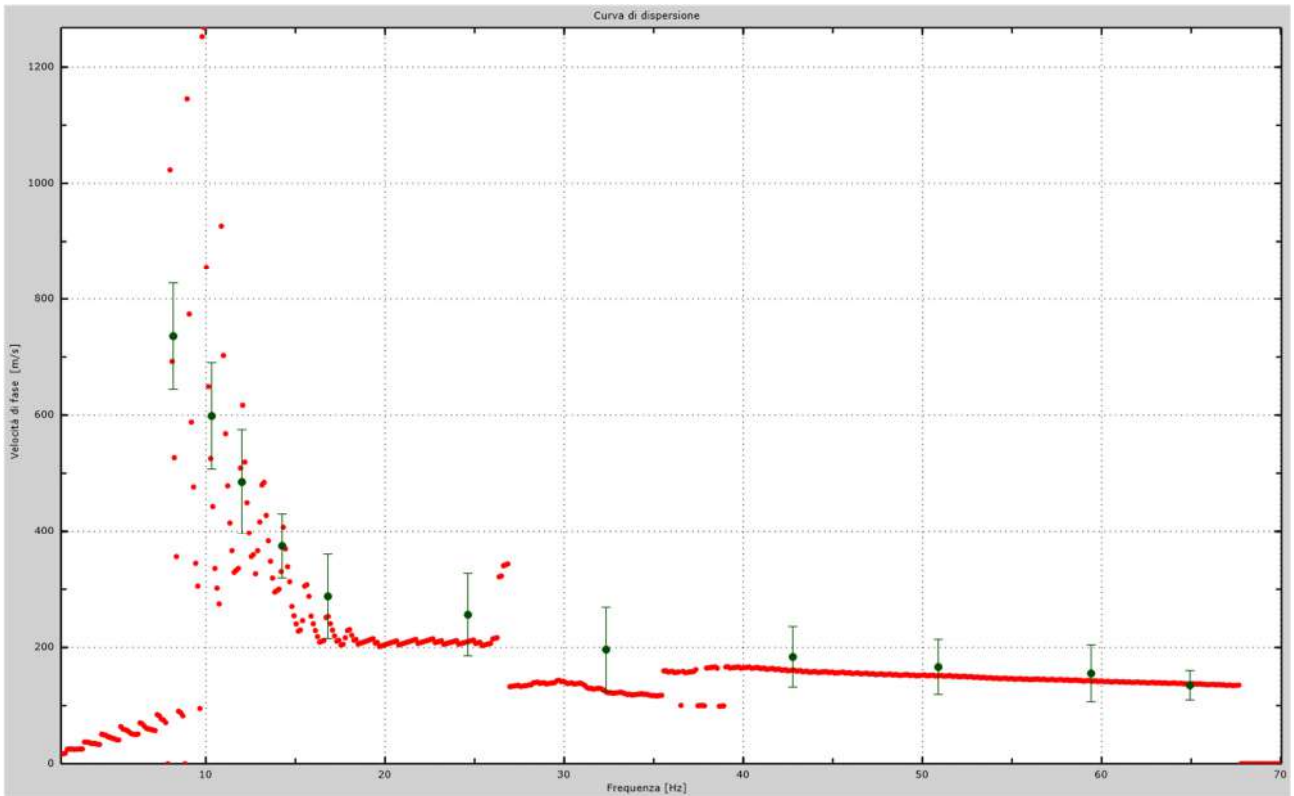


Fig.40 - Curva di dispersione sperimentale.

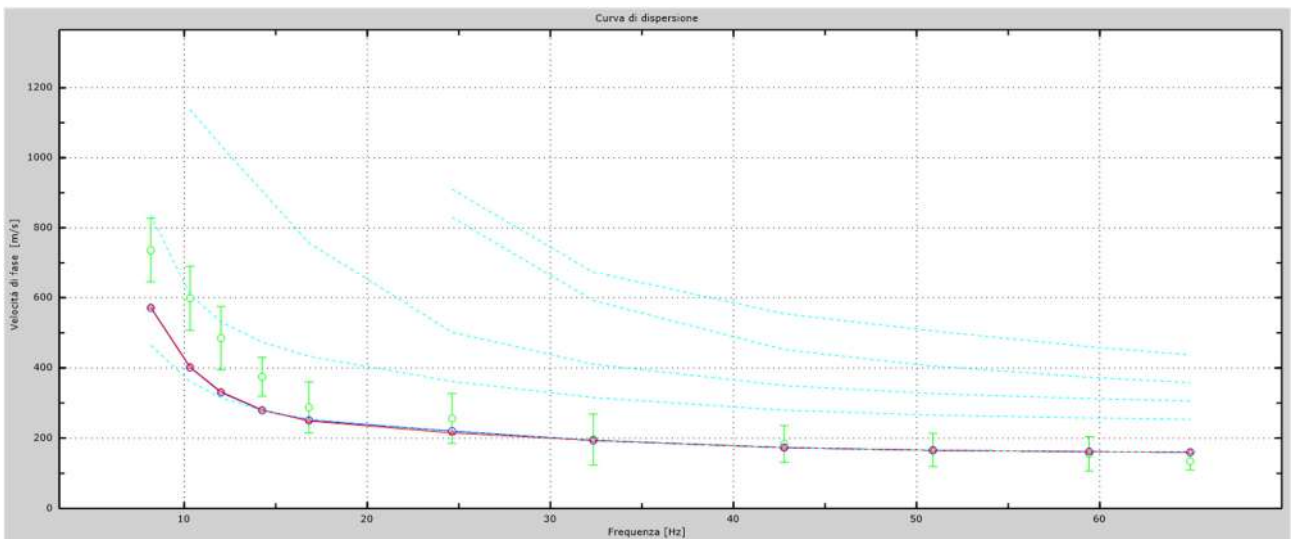


Fig.41 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

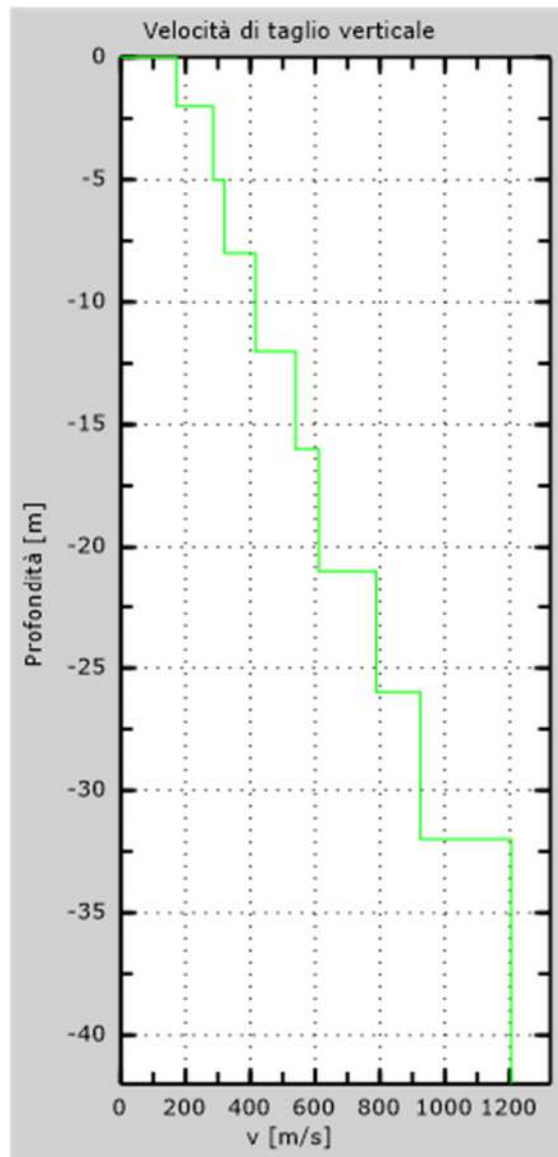


Fig. 42 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.43).

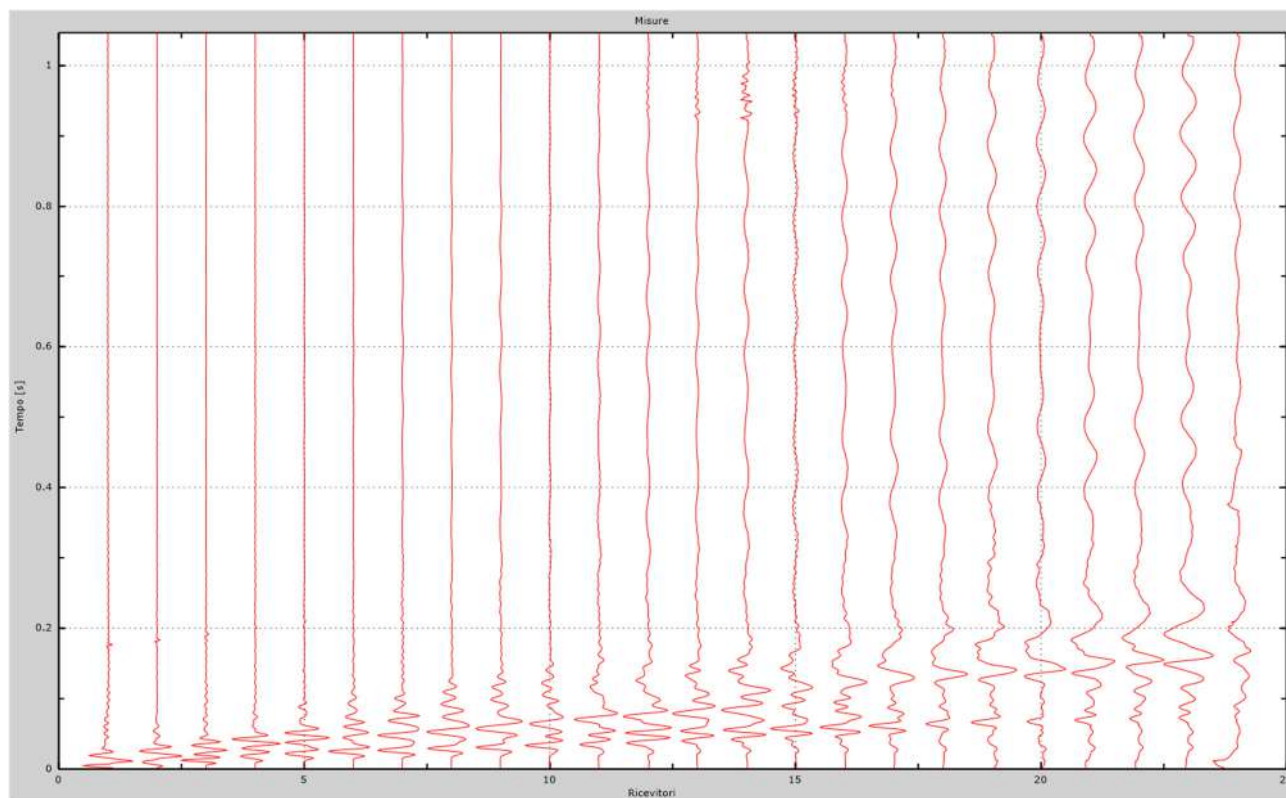


Fig. 43 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo EE'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.44) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.45). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.46). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

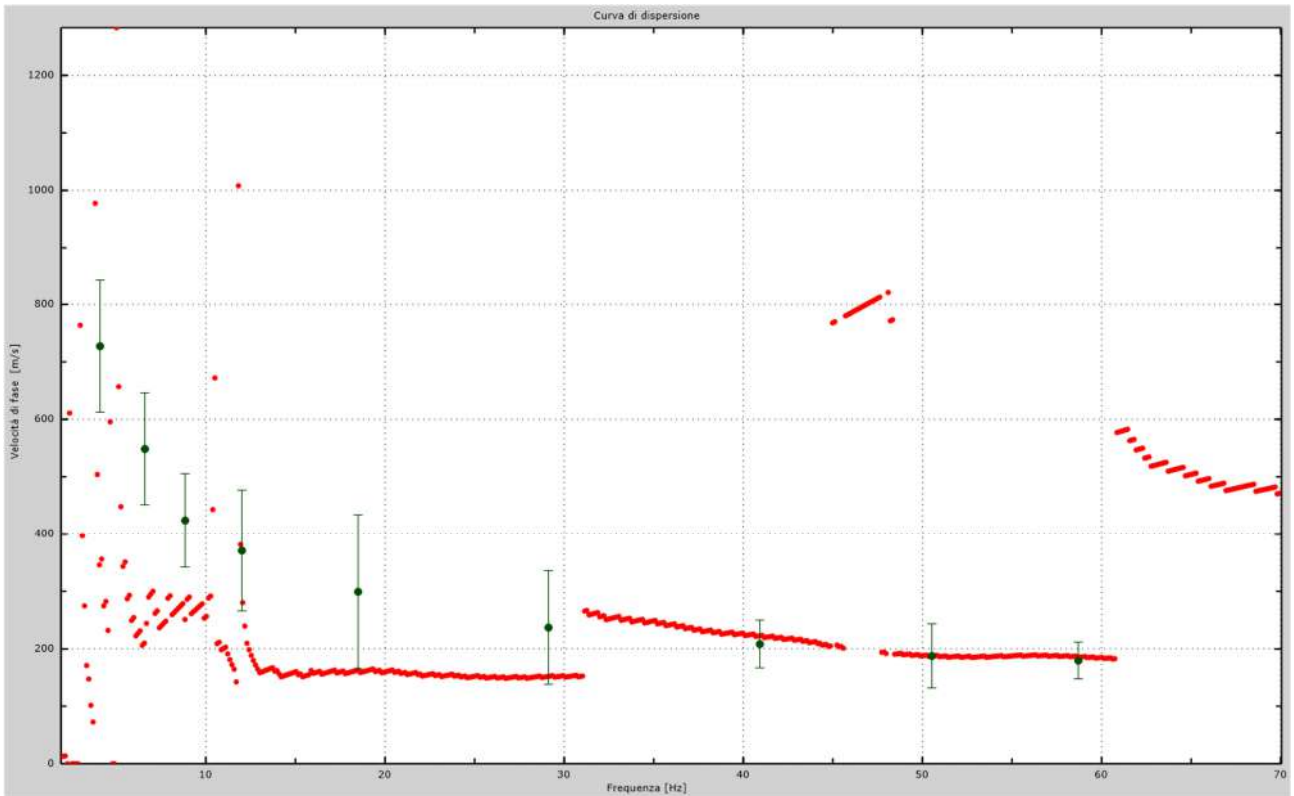


Fig.44 - Curva di dispersione sperimentale.

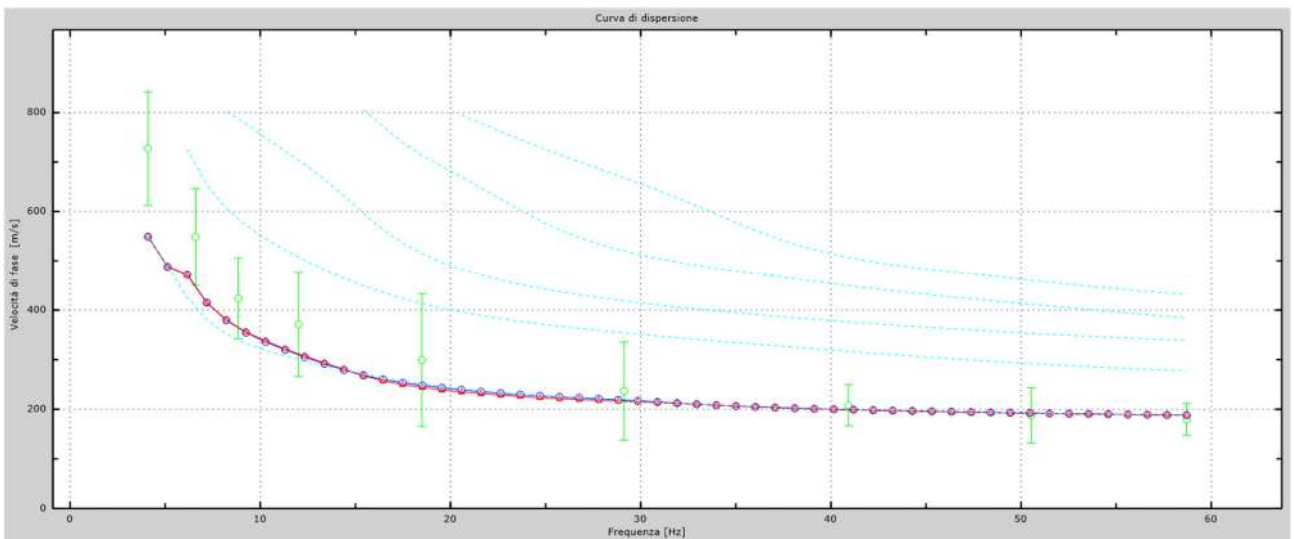


Fig.45 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

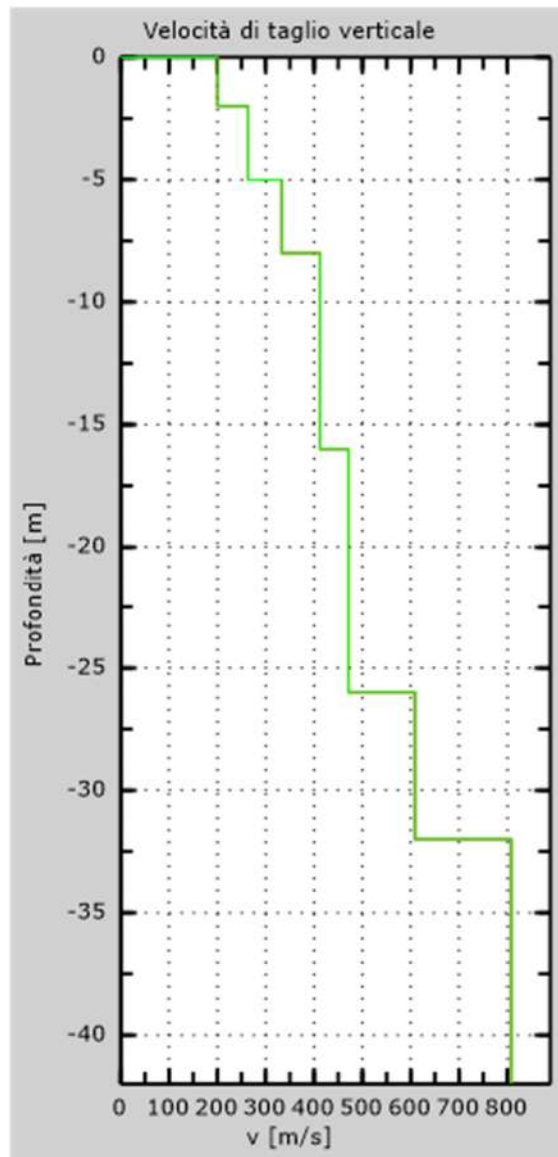


Fig. 46 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.47).

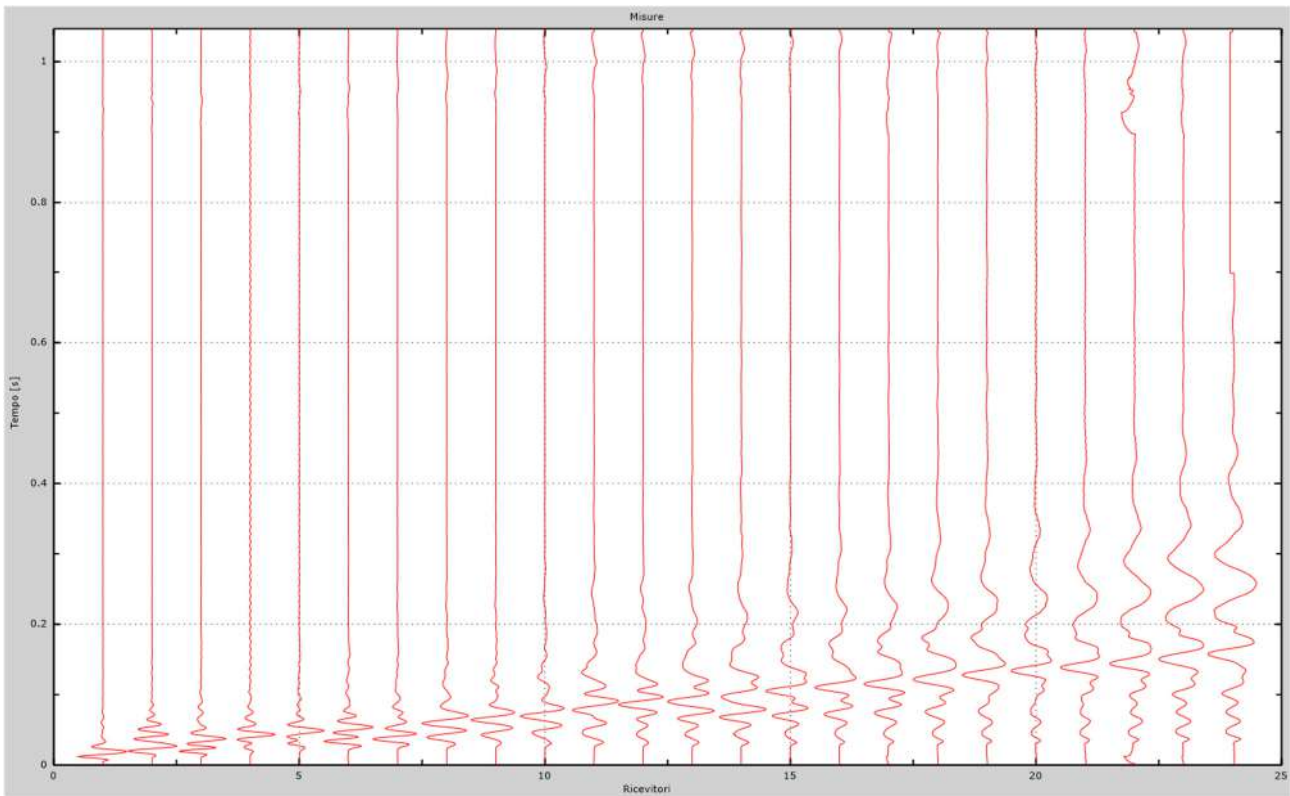


Fig. 47 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo FF'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.48) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.49). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.50). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

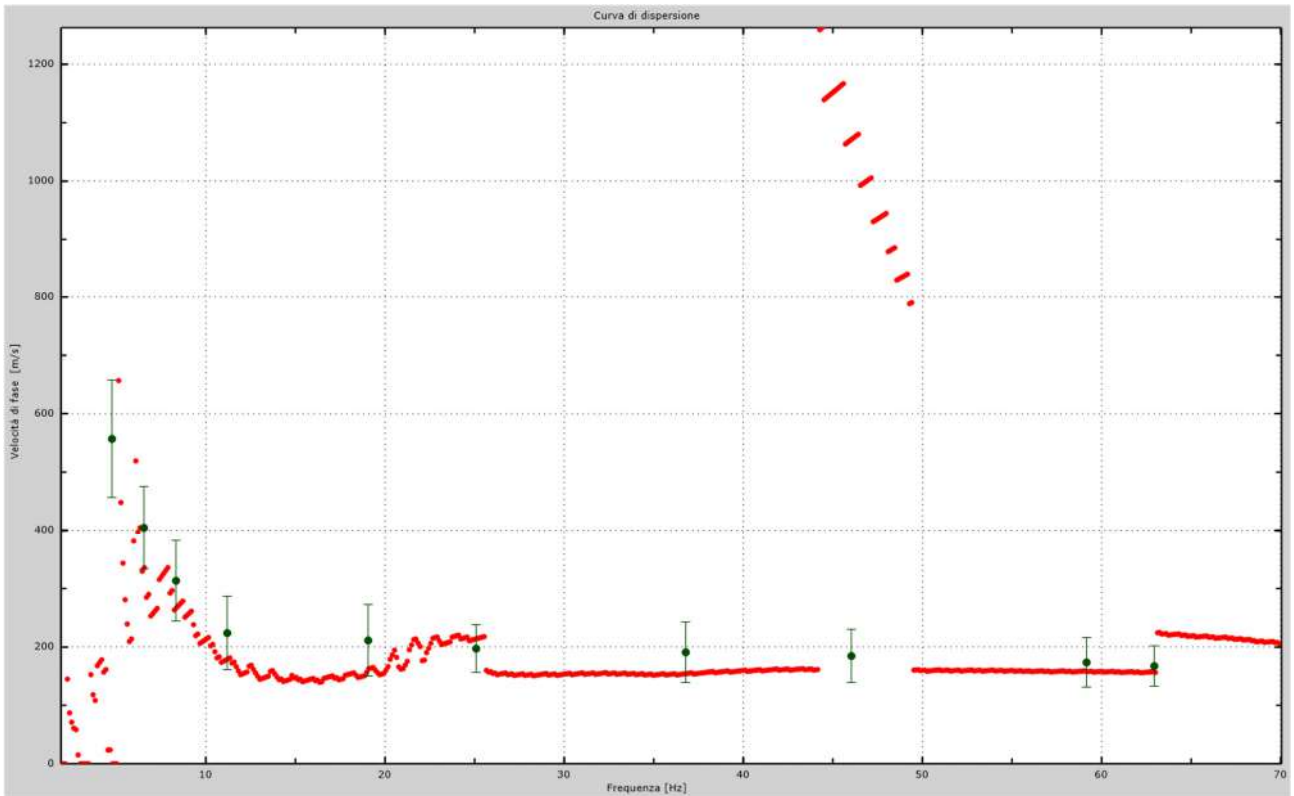


Fig.48 - Curva di dispersione sperimentale.

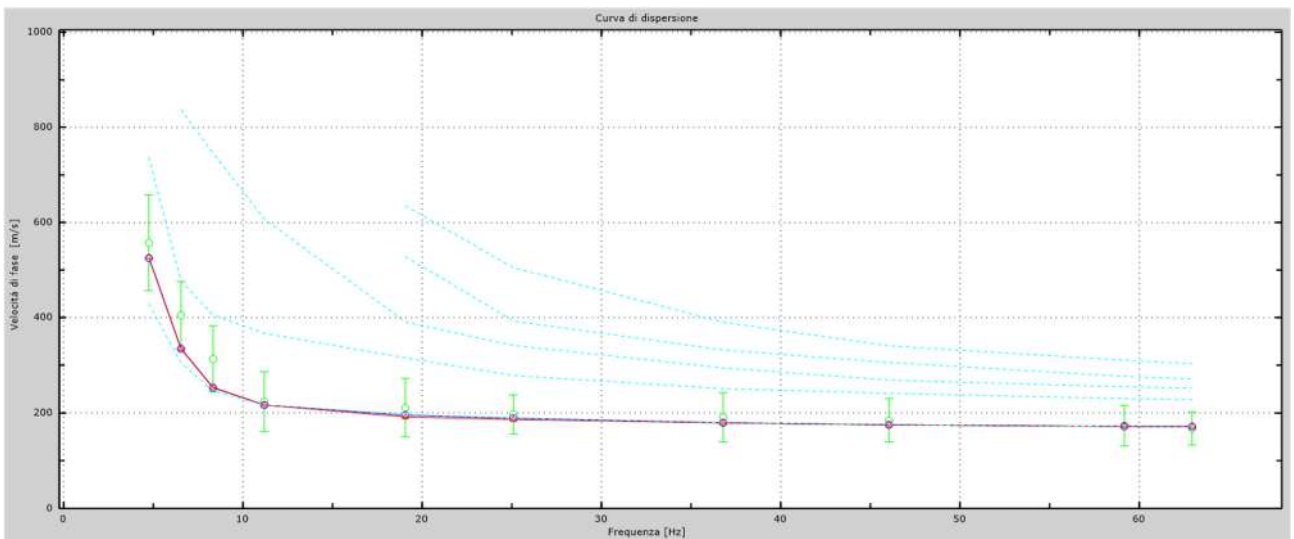


Fig.49 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

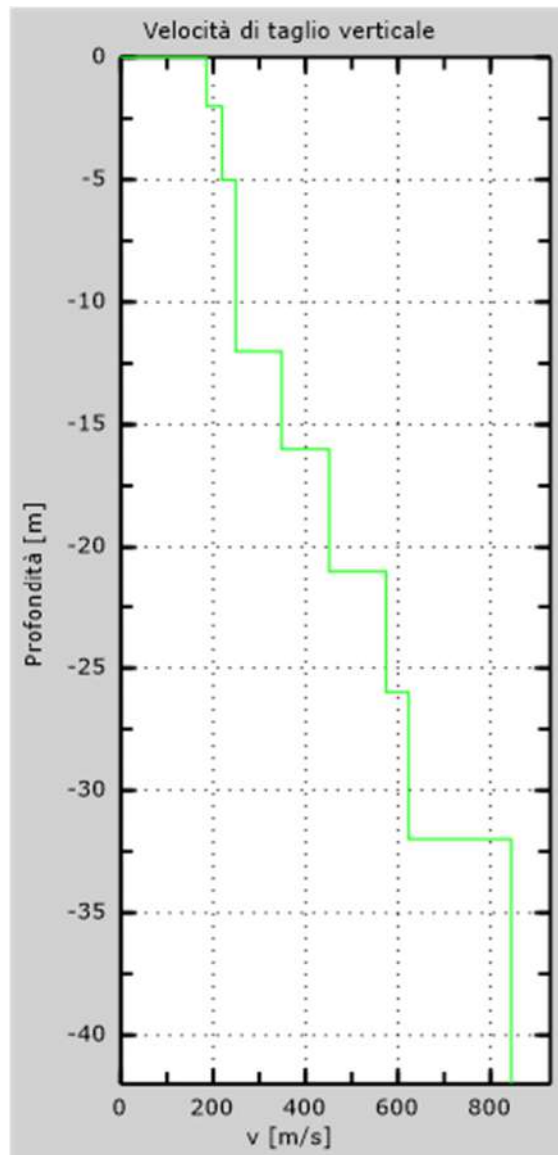


Fig. 50 - Profilo VS – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.7 Stendimento sismico QQ': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.51).

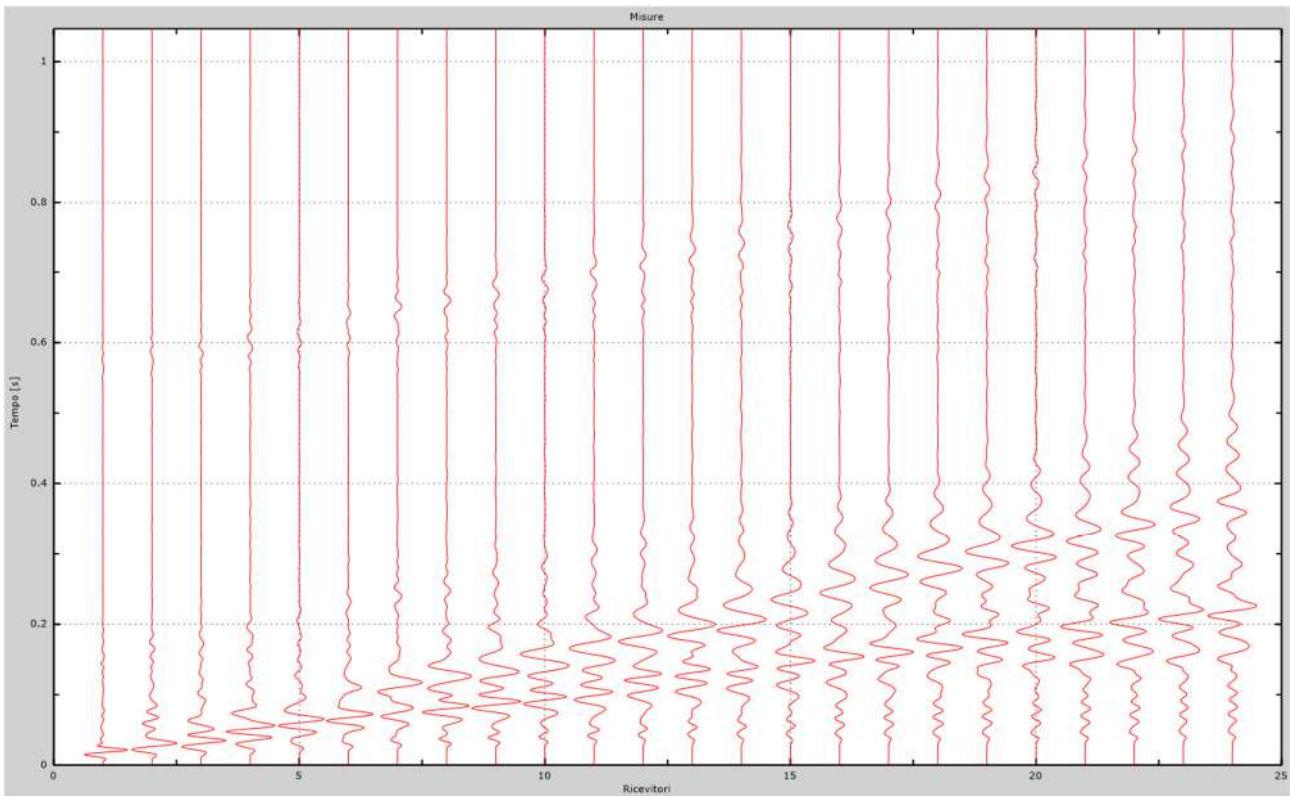


Fig. 51 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo QQ'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.52) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.53). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.54). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

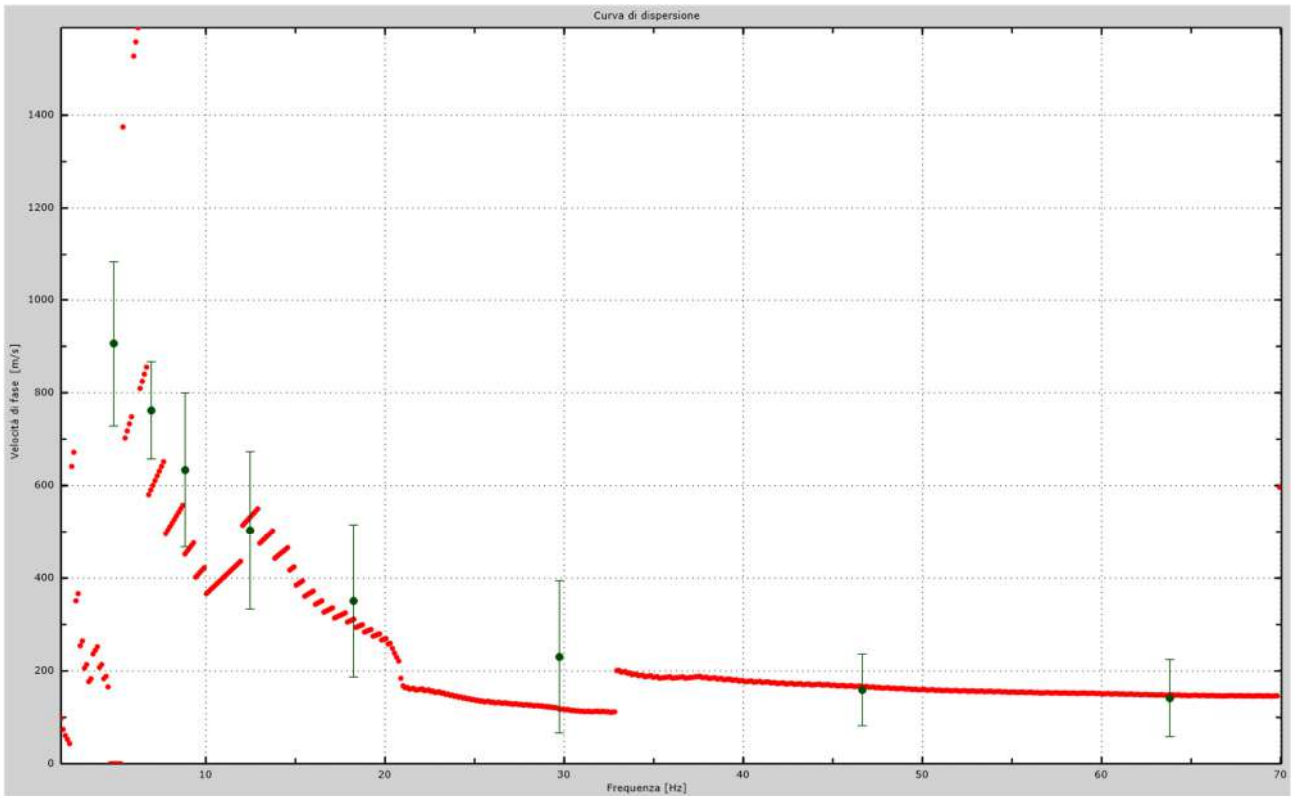


Fig.52 - Curva di dispersione sperimentale.

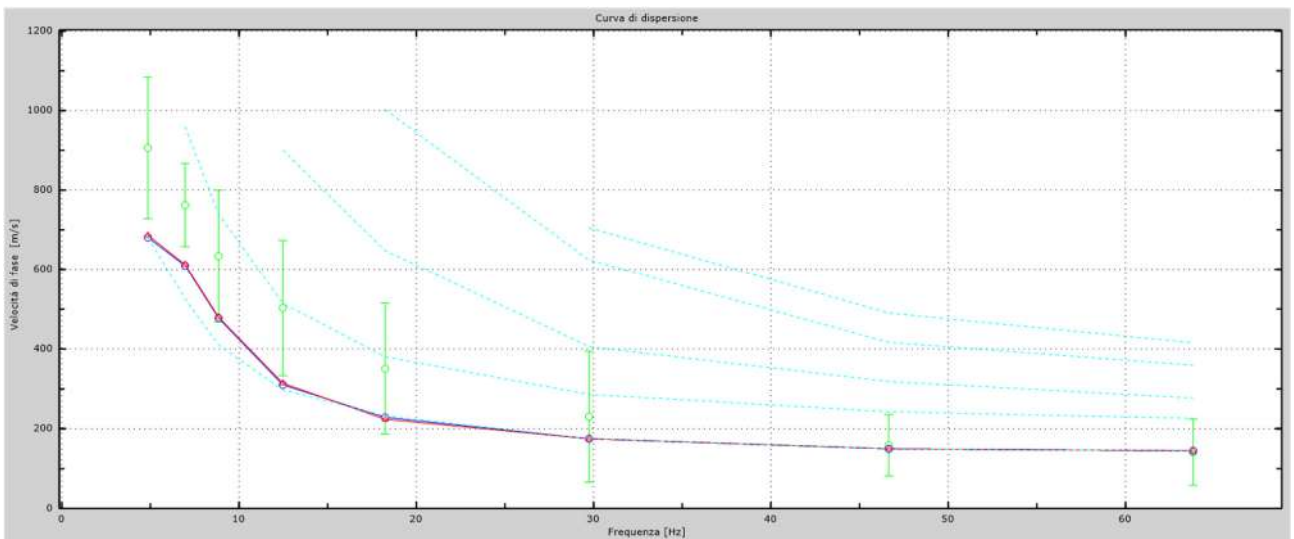


Fig.53 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

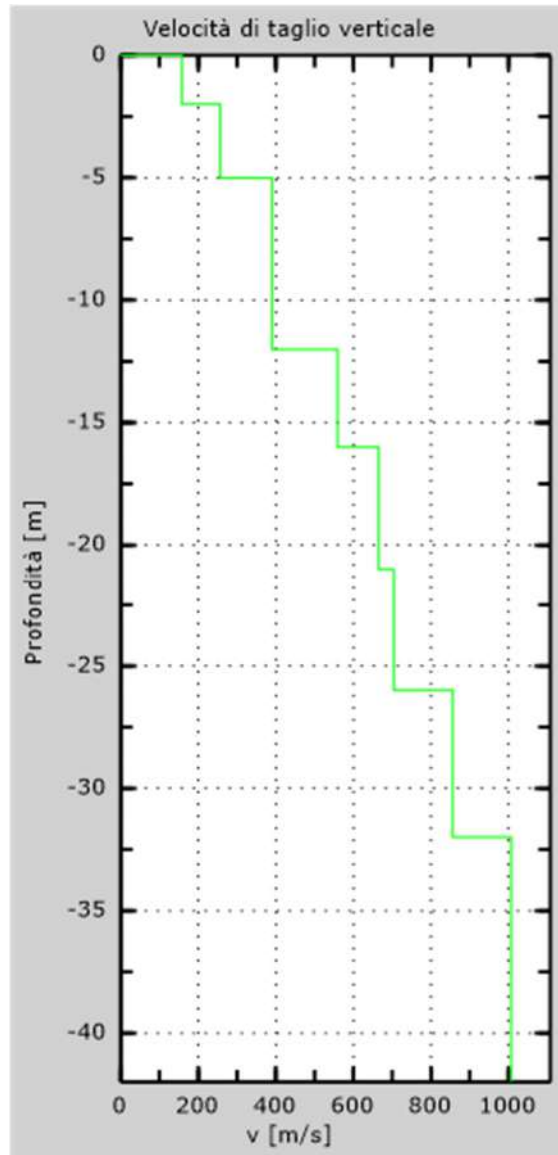


Fig. 54 - Profilo VS – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.8 Stendimento sismico 00': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.55).

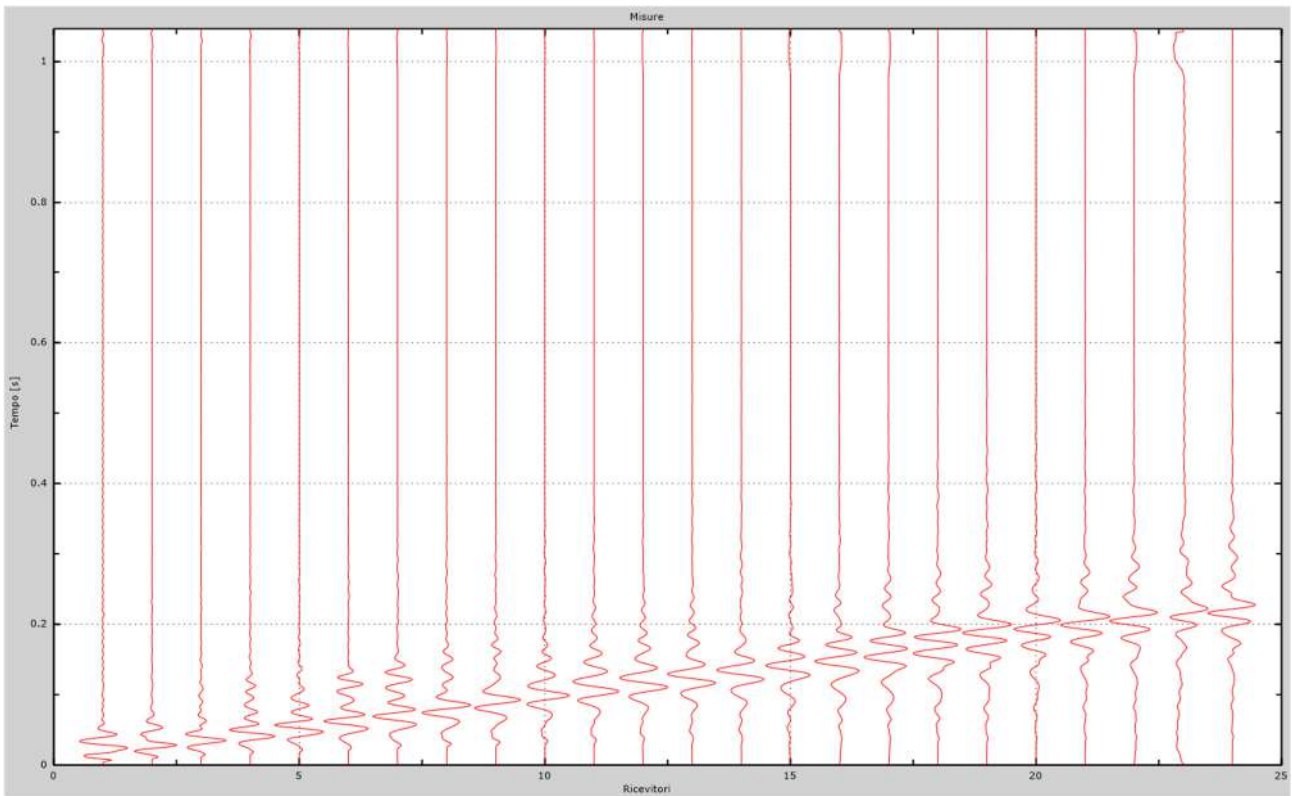


Fig. 55 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo OO'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.56) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.57). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.58). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

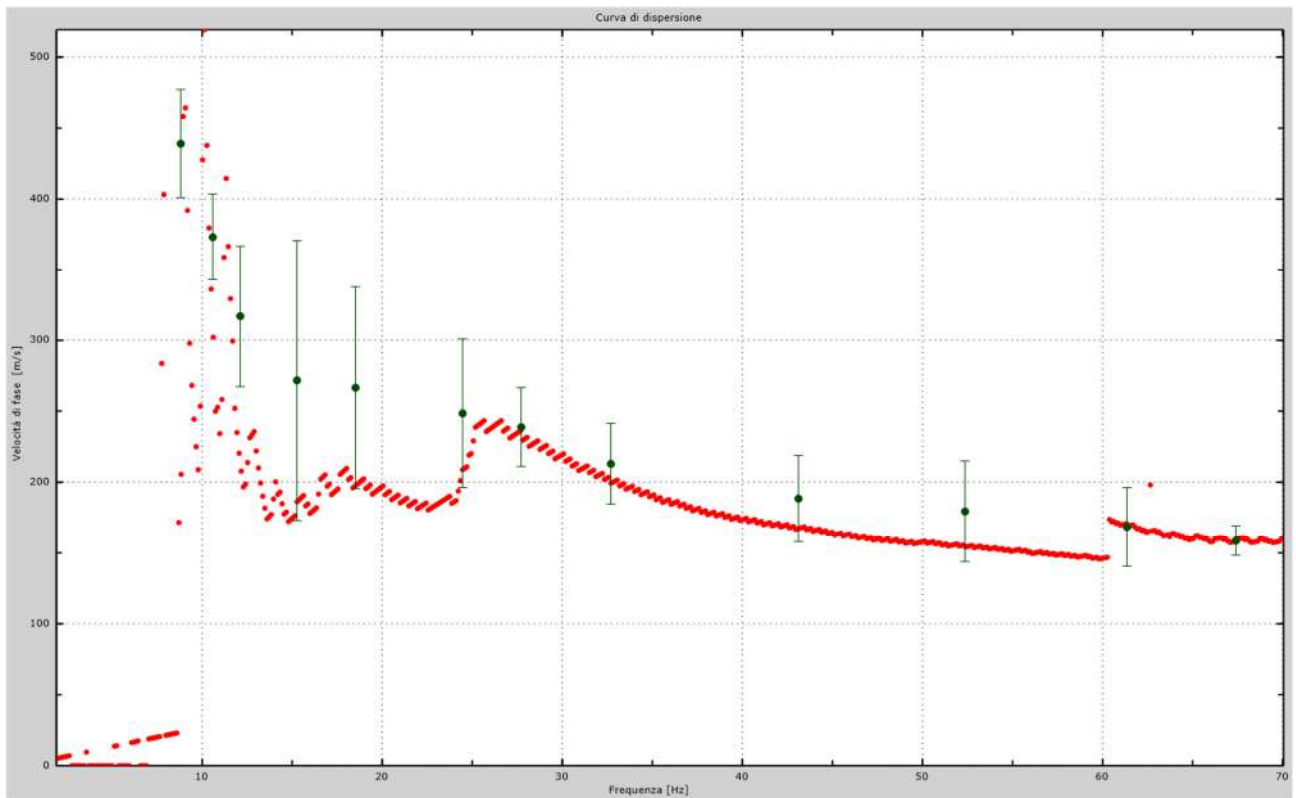


Fig.56 - Curva di dispersione sperimentale.

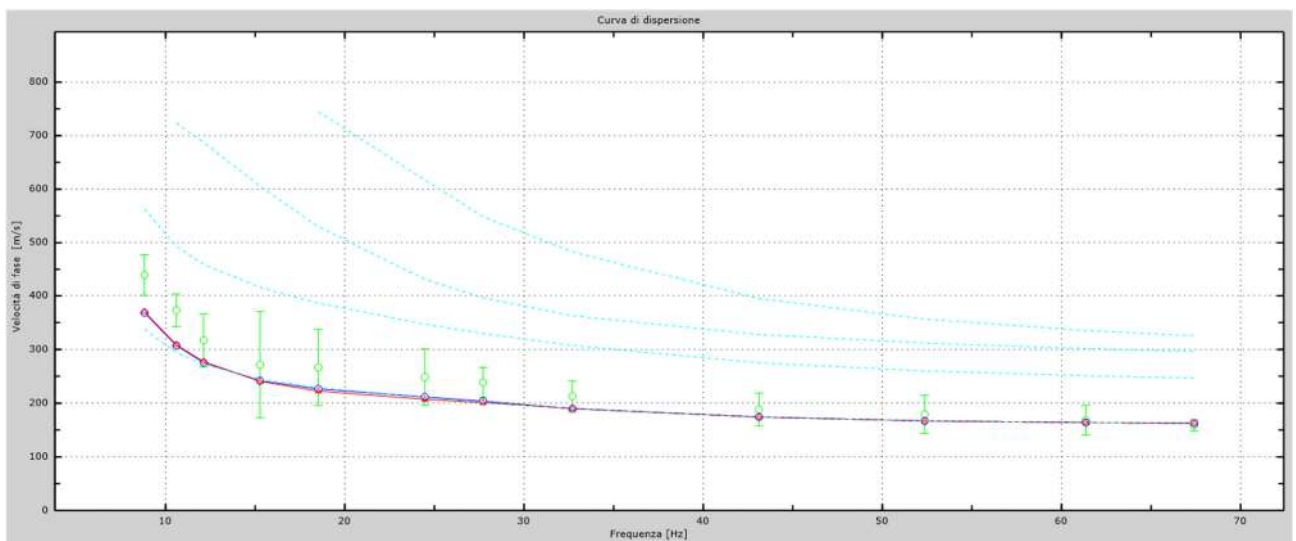


Fig.57 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

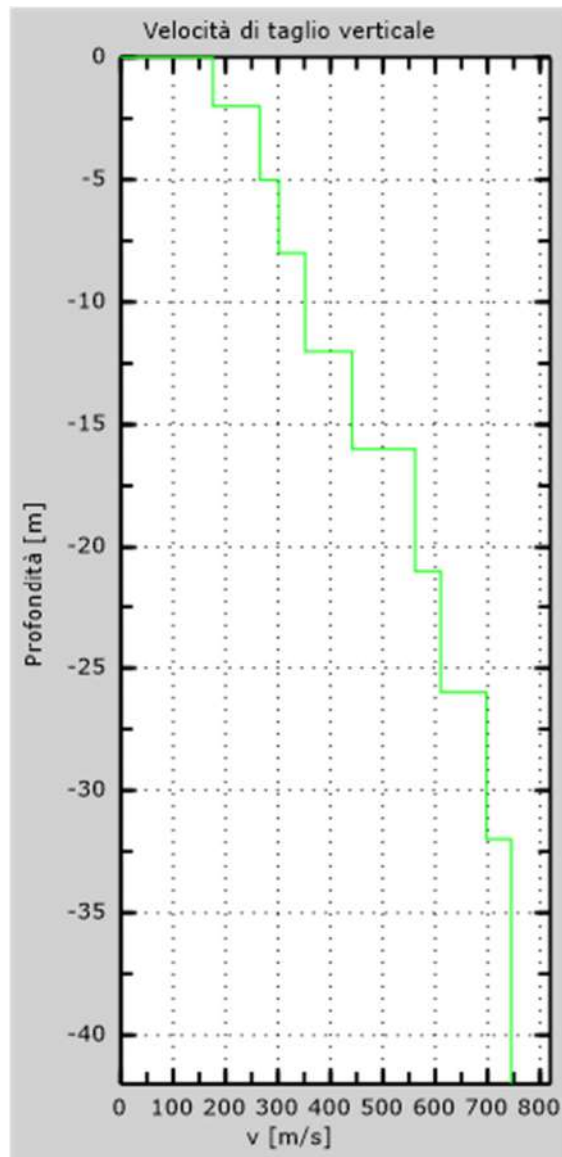


Fig. 58 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base delle risultanze dell'indagine MASW condotte nell'area oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con ordinanza n.3431 del 03.05.2005, DM 17/01/2018).

L'indagine M.A.S.W. ha consentito la stima dei valori delle velocità medie delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della $V_{s,eq}$ risultante, applicando la seguente formula:

$$V_{s,eq} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

in cui $V_{s,i}$ e h_i indicano la velocità delle onde di taglio (in m/s) e lo spessore (in m) del sismostrato i-esimo per un totale di N sismostrati presenti.

6.1 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo AA'

Per l'acquisizione AA', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

| Dati | | |
|--------------------------|--------------------------------|---|
| Numero di strati | <input type="text" value="8"/> | |
| Profondità piano di posa | <input type="text" value="0"/> | m |

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 265 |
| 2 | 3.00 | 452 |
| 3 | 3.00 | 623 |
| 4 | 4.00 | 724 |
| 5 | 4.00 | 826 |
| 6 | 5.00 | 956 |
| 7 | 5.00 | 1024 |
| 8 | 6.00 | 1081 |

- +

| | | |
|------------------------|-------------------------------------|-----|
| Profondità complessiva | <input type="text" value="32"/> | m |
| V _{s,eq} | <input type="text" value="489.30"/> | m/s |
| Categoria del suolo | <input type="text" value="B"/> | |

V_{s,eq} **489.30 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.2 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo BB'

Per l'acquisizione BB', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

8

Profondità piano di posa

0

m

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 149 |
| 2 | 3.00 | 191 |
| 3 | 3.00 | 213 |
| 4 | 4.00 | 242 |
| 5 | 4.00 | 280 |
| 6 | 5.00 | 358 |
| 7 | 5.00 | 495 |
| 8 | 6.00 | 555 |

- +

Calcola

Profondità complessiva

32

m

Vs, eq

284.89

m/s

Categoria del suolo

C

Vs, eq **284.89 m/s**
Categoria del suolo **C**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

6.3 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo CC'

Per l'acquisizione CC', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 187 |
| 2 | 3.00 | 264 |
| 3 | 7.00 | 342 |
| 4 | 8.00 | 473 |
| 5 | 5.00 | 630 |
| 6 | 6.00 | 874 |

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **371.05 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.4 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo DD'

Per l'acquisizione DD', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 173 |
| 2 | 3.00 | 285 |
| 3 | 3.00 | 320 |
| 4 | 4.00 | 416 |
| 5 | 4.00 | 539 |
| 6 | 5.00 | 612 |
| 7 | 5.00 | 788 |
| 8 | 6.00 | 925 |

- +

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **412.61 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.5 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo EE'

Per l'acquisizione EE', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 200 |
| 2 | 3.00 | 263 |
| 3 | 3.00 | 333 |
| 4 | 4.00 | 412 |
| 5 | 4.00 | 412 |
| 6 | 5.00 | 471 |
| 7 | 5.00 | 471 |
| 8 | 6.00 | 609 |

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **386.43 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.6 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo FF'

Per l'acquisizione FF', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

8

Profondità piano di posa

0

m

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 186 |
| 2 | 3.00 | 219 |
| 3 | 3.00 | 249 |
| 4 | 4.00 | 249 |
| 5 | 4.00 | 348 |
| 6 | 5.00 | 451 |
| 7 | 5.00 | 574 |
| 8 | 6.00 | 623 |

- +

Calcola

Profondità complessiva

32

m

Vs, eq

332.31

m/s

Categoria del suolo

C

Vs, eq

332.31 m/s

Categoria del suolo

C

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

6.7 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo QQ'

Per l'acquisizione QQ', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 157 |
| 2 | 3.00 | 256 |
| 3 | 7.00 | 390 |
| 4 | 4.00 | 559 |
| 5 | 5.00 | 665 |
| 6 | 5.00 | 704 |
| 7 | 6.00 | 856 |

- +

Calcola

Profondità complessiva m

V_{s,eq} m/s

Categoria del suolo

V_{s,eq} **405.09 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della V_{s,eq} calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.8 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo OO'

Per l'acquisizione OO', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

| Nr. | Spessore [m] | Velocità [m/s] |
|-----|--------------|----------------|
| 1 | 2.00 | 176 |
| 2 | 3.00 | 265 |
| 3 | 3.00 | 302 |
| 4 | 4.00 | 352 |
| 5 | 4.00 | 441 |
| 6 | 5.00 | 562 |
| 7 | 5.00 | 611 |
| 8 | 6.00 | 698 |

- +

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **395.45 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per gli stendimenti sismici realizzati. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

I parametri elaborati sono i seguenti: g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$; G_0 = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica; μ = modulo di Poisson.

Stendimento sismico AA'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G_0 (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|-------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|--------------------------------|--|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 165.00 | 1.46 | 401.2 | 386.1 | 894.0 | 921.0 | 0.11 | 1.52 | 240.25 |
| 4.00 | A - LETTO | 750.00 | 452.00 | 1.79 | 3709.6 | 5267.3 | 9012.9 | 10213.4 | 0.21 | 1.66 | 810.91 |
| 4.00 | B - TETTO | 750.00 | 452.00 | 1.79 | 3709.6 | 5267.3 | 9012.9 | 10213.4 | 0.21 | 1.66 | 810.91 |
| 10.00 | B - LETTO | 1500.00 | 724.00 | 2.05 | 10857.3 | 32128.0 | 29274.2 | 46604.4 | 0.35 | 2.07 | 1481.72 |

Stendimento sismico BB'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G_0 (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|-------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|--------------------------------|--|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 155.00 | 1.46 | 354.0 | 449.0 | 841.1 | 921.0 | 0.19 | 1.61 | 225.69 |
| 4.00 | A - LETTO | 750.00 | 323.00 | 1.79 | 1894.3 | 7687.7 | 5251.6 | 10213.4 | 0.39 | 2.32 | 579.47 |
| 4.00 | B - TETTO | 750.00 | 323.00 | 1.79 | 1894.3 | 7687.7 | 5251.6 | 10213.4 | 0.39 | 2.32 | 579.47 |
| 12.00 | B - LETTO | 2500.00 | 521.00 | 2.26 | 6195.4 | 134390.7 | 18305.0 | 142651.2 | 0.48 | 4.80 | 1174.94 |

Stendimento sismico CC'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G_0 (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|-------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|--------------------------------|--|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 187.00 | 1.46 | 515.3 | 233.9 | 891.4 | 921.0 | -0.14 | 1.34 | 272.28 |
| 2.00 | A - LETTO | 500.00 | 256.00 | 1.66 | 1101.7 | 2733.8 | 2913.7 | 4202.7 | 0.32 | 1.95 | 425.22 |
| 1.00 | B - TETTO | 500.00 | 256.00 | 1.66 | 1101.7 | 2733.8 | 2913.7 | 4202.7 | 0.32 | 1.95 | 425.22 |
| 6.00 | B - LETTO | 1250.00 | 630.00 | 1.98 | 7941.1 | 20674.1 | 21119.3 | 31262.2 | 0.33 | 1.98 | 1245.44 |
| 6.00 | C - TETTO | 1250.00 | 630.00 | 1.98 | 7941.1 | 20674.1 | 21119.3 | 31262.2 | 0.33 | 1.98 | 1245.44 |
| 12.00 | C - LETTO | 2500.00 | 874.00 | 2.26 | 17434.9 | 119404.7 | 49877.0 | 142651.2 | 0.43 | 2.86 | 1971.02 |

Stendimento sismico DD'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G ₀ (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|----------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|--------------------------------|---|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 173.00 | 1.46 | 441.0 | 333.0 | 917.9 | 921.0 | 0.04 | 1.45 | 251.90 |
| 1.00 | A - LETTO | 500.00 | 285.00 | 1.66 | 1365.5 | 2382.1 | 3439.3 | 4202.7 | 0.26 | 1.75 | 473.39 |
| 1.00 | B - TETTO | 500.00 | 285.00 | 1.66 | 1365.5 | 2382.1 | 3439.3 | 4202.7 | 0.26 | 1.75 | 473.39 |
| 4.00 | B - LETTO | 1250.00 | 612.00 | 1.98 | 7493.8 | 21270.5 | 20118.7 | 31262.2 | 0.34 | 2.04 | 1209.86 |
| 4.00 | C - TETTO | 1250.00 | 612.00 | 1.98 | 7493.8 | 21270.5 | 20118.7 | 31262.2 | 0.34 | 2.04 | 1209.86 |
| 8.00 | C - LETTO | 3000.00 | 925.00 | 2.33 | 20217.3 | 185701.9 | 58528.0 | 212658.3 | 0.45 | 3.24 | 2159.56 |

Stendimento sismico EE'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G ₀ (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|----------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|--------------------------------|---|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 156.00 | 1.46 | 358.6 | 442.9 | 847.2 | 921.0 | 0.18 | 1.60 | 227.15 |
| 2.00 | A - LETTO | 500.00 | 263.00 | 1.66 | 1162.8 | 2652.3 | 3043.6 | 4202.7 | 0.31 | 1.90 | 436.85 |
| 2.00 | B - TETTO | 500.00 | 263.00 | 1.66 | 1162.8 | 2652.3 | 3043.6 | 4202.7 | 0.31 | 1.90 | 436.85 |
| 8.00 | B - LETTO | 2500.00 | 609.00 | 2.26 | 8465.1 | 131364.5 | 24861.2 | 142651.2 | 0.47 | 4.11 | 1373.40 |
| 8.00 | C - TETTO | 2500.00 | 609.00 | 2.26 | 8465.1 | 131364.5 | 24861.2 | 142651.2 | 0.47 | 4.11 | 1373.40 |
| 12.00 | C - LETTO | 4500.00 | 1854.00 | 2.52 | 87723.7 | 399834.8 | 245236.0 | 516799.7 | 0.40 | 2.43 | 4675.09 |

Stendimento sismico FF'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G ₀ (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|----------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|--------------------------------|---|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 156.00 | 1.46 | 358.6 | 442.9 | 847.2 | 921.0 | 0.18 | 1.60 | 227.15 |
| 2.00/3.00 | A - LETTO | 500.00 | 249.00 | 1.66 | 1042.3 | 2813.0 | 2783.1 | 4202.7 | 0.34 | 2.01 | 413.59 |
| 2.00/3.00 | B - TETTO | 500.00 | 249.00 | 1.66 | 1042.3 | 2813.0 | 2783.1 | 4202.7 | 0.34 | 2.01 | 413.59 |
| 9.00 | B - LETTO | 2000.00 | 623.00 | 2.16 | 8491.0 | 76185.6 | 24560.6 | 87507.0 | 0.45 | 3.21 | 1346.65 |
| 9.00 | C - TETTO | 2000.00 | 623.00 | 2.16 | 8491.0 | 76185.6 | 24560.6 | 87507.0 | 0.45 | 3.21 | 1346.65 |
| 14.00 | C - LETTO | 3000.00 | 1745.00 | 2.33 | 71950.0 | 116725.0 | 179059.0 | 212658.3 | 0.24 | 1.72 | 4073.98 |

Stendimento sismico QQ'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G ₀ (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|----------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|--------------------------------|---|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 157.00 | 1.46 | 363.2 | 436.7 | 853.2 | 921.0 | 0.17 | 1.59 | 228.60 |
| 2.00 | A - LETTO | 500.00 | 256.00 | 1.66 | 1101.7 | 2733.8 | 2913.7 | 4202.7 | 0.32 | 1.95 | 425.22 |
| 2.00 | B - TETTO | 500.00 | 256.00 | 1.66 | 1101.7 | 2733.8 | 2913.7 | 4202.7 | 0.32 | 1.95 | 425.22 |
| 4.00 | B - LETTO | 1250.00 | 665.00 | 1.98 | 8848.0 | 19464.9 | 23051.2 | 31262.2 | 0.30 | 1.88 | 1314.63 |
| 4.00 | C - TETTO | 1250.00 | 665.00 | 1.98 | 8848.0 | 19464.9 | 23051.2 | 31262.2 | 0.30 | 1.88 | 1314.63 |
| 6.00 | C - LETTO | 2250.00 | 856.00 | 2.21 | 16392.6 | 91400.5 | 46403.8 | 113257.4 | 0.42 | 2.63 | 1892.16 |

Stendimento sismico OO'

| Prof. (m da p.c.) | Unità | V _{Pi} (m/sec) | V _{Si} (m/sec) | g (gr/cm ³) | G ₀ (Kg/cm ²) | K (Kg/cm ²) | E (kg/cm ²) | M (kg/cm ²) | μ | V _p /V _s | IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹) |
|----------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------|---|
| 0.50 | A - TETTO | 250.00 | 156.00 | 1.46 | 358.6 | 442.9 | 847.2 | 921.0 | 0.18 | 1.60 | 227.15 |
| 2.00 | A - LETTO | 500.00 | 265.00 | 1.66 | 1180.5 | 2628.7 | 3080.5 | 4202.7 | 0.30 | 1.89 | 440.17 |
| 2.00 | B - TETTO | 500.00 | 265.00 | 1.66 | 1180.5 | 2628.7 | 3080.5 | 4202.7 | 0.30 | 1.89 | 440.17 |
| 9.00 | B - LETTO | 1500.00 | 698.00 | 2.05 | 10091.5 | 33149.1 | 27485.4 | 46604.4 | 0.36 | 2.15 | 1428.51 |

8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

STENDIMENTO AA'



STENDIMENTO BB'



STENDIMENTO CC'



STENDIMENTO DD'



STENDIMENTO EE'



STENDIMENTO FF'



STENDIMENTO QQ'



STENDIMENTO OO'



Alberobello, 15.03.2023

ALLEGATO 2

SCHEDE POZZI CENSITI NELL'ARCHIVIO NAZIONALE DELLE INDAGINI NEL SOTTOSUOLO

(LEGGE 464/1984)

| | |
|--|--|
|  <p>ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p>  <p>Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente</p> | <p>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p> |
|--|--|

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 174754
Regione: CALABRIA
Provincia: CROTONE
Comune: CUTRO
Tipologia: PERFORAZIONE
Opera: POZZO IDROPOTABILE (ACQUEDOTTISTICO)
Profondità (m): 60,00
Quota pc slm (m): 14,00
Anno realizzazione: 2000
Numero diametri: 1
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 60,000
Portata esercizio (l/s): 55,000
Numero falde: 1
Numero filtri: 1
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): SI
Numero strati: 4
Longitudine WGS84 (dd): 16,913511
Latitudine WGS84 (dd): 38,983681
Longitudine WGS84 (dms): 16° 54' 48.64" E
Latitudine WGS84 (dms): 38° 59' 01.26" N

(*):Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



DIAMETRI PERFORAZIONE

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Lunghezza (m) | Diametro (mm) |
|-------|-------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1 | 0,00 | 60,00 | 60,00 | 700 |

FALDE ACQUIFERE

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Lunghezza (m) |
|-------|-------------------|------------------|---------------|
| 1 | 13,00 | 30,00 | 17,00 |

POSIZIONE FILTRI

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Lunghezza (m) | Diametro (mm) |
|-------|-------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1 | 10,00 | 30,00 | 20,00 | 400 |

MISURE PIEZOMETRICHE

| Data rilevamento | Livello statico (m) | Livello dinamico (m) | Abbassamento (m) | Portata (l/s) |
|------------------|---------------------|----------------------|------------------|---------------|
| dic/2000 | 13,50 | 25,00 | 11,50 | 55,000 |

STRATIGRAFIA

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Spessore (m) | Età geologica | Descrizione litologica |
|--------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|
| 1 | 0,00 | 10,00 | 10,00 | QUATERNARIO (OLOCENE) | ALTERNANZE DI SABBIE SILTOSE CON SABBIE GHIAIOSE |
| 2 | 10,00 | 21,00 | 11,00 | QUATERNARIO (OLOCENE) | SABBIE MEDIO-FINI |
| 3 | 21,00 | 30,00 | 9,00 | QUATERNARIO (OLOCENE) | GHIAIE, GHIAIE SABBIOSE E SABBIE GROSSOLANE |
| 4 | 30,00 | 60,00 | 30,00 | TERZIARO (PLIO INF - M) | ARGILLE, ARGILLE MARNOSE GRIGIO-AZZ |

ISPRA - Copyright 2018

| | | |
|--|---|---|
|  ISPRA <small>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</small> |  Sistema Nazionale <small>per la Protezione dell'Ambiente</small> | Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale |
|--|---|---|

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 174749
Regione: CALABRIA
Provincia: CROTONE
Comune: CUTRO
Tipologia: PERFORAZIONE
Opera: POZZO IDROPOTABILE (ACQUEDOTTISTICO)
Profondità (m): 50,00
Quota pc slm (m): 14,00
Anno realizzazione: 2000
Numero diametri: 1
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 50,000
Portata esercizio (l/s): 45,000
Numero falde: 1
Numero filtri: 1
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): SI
Numero strati: 3
Longitudine WGS84 (dd): 16,914619
Latitudine WGS84 (dd): 38,983400
Longitudine WGS84 (dms): 16° 54' 52.63" E
Latitudine WGS84 (dms): 38° 59' 00.25" N

(*):Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



DIAMETRI PERFORAZIONE

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Lunghezza (m) | Diametro (mm) |
|-------|-------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1 | 0,00 | 50,00 | 50,00 | 700 |

FALDE ACQUIFERE

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Lunghezza (m) |
|-------|-------------------|------------------|---------------|
| 1 | 14,00 | 30,00 | 16,00 |

POSIZIONE FILTRI

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Lunghezza (m) | Diametro (mm) |
|-------|-------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1 | 10,00 | 30,00 | 20,00 | 400 |

MISURE PIEZOMETRICHE

| Data rilevamento | Livello statico (m) | Livello dinamico (m) | Abbassamento (m) | Portata (l/s) |
|------------------|---------------------|----------------------|------------------|---------------|
| dic/2000 | 14,00 | 21,00 | 7,00 | 45,000 |

STRATIGRAFIA

| Progr | Da profondità (m) | A profondità (m) | Spessore (m) | Età geologica | Descrizione litologica |
|--------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|---|
| 1 | 0,00 | 20,00 | 20,00 | QUATERNARIO (OLOCENE) | SABBIE MEDIO-FINI E SILTS CON CIOTTOLI |
| 2 | 20,00 | 35,00 | 15,00 | QUATERNARIO (OLOCENE) | SABBIE E GHIAIE GROSSOLANE |
| 3 | 35,00 | 50,00 | 15,00 | TERZIARIO (PLIO INF MED) | ARGILLE, ARGILLE MARNOSE GRIGIO-AZZURRE |

ISPRA - Copyright 2018