

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: FOGGIA

COMUNE: BICCARI

ELABORATO:

R.GEOT

OGGETTO:

PARCO EOLICO DA 9 WTG DA 6,2 MW/cad

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

PROPONENTE:

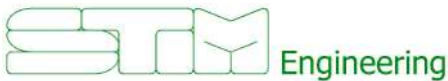


SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Via Algardi, 4
20148 Milano (MI)

sorgenia.renewables@legalmail.it

PROGETTISTI:



STIM ENGINEERING S.r.l.

VIA GARRUBA, 3 - 70121 BARI

Tel. 080.5210232 - Fax 080.5234353

www.stimeng.it - segreteria@stimeng.it

Dott. Raffaele Sassone

Ordine dei Geologi della Puglia n° 664

Via dei Mori, 22

70023 Gioia del Colle (BA)

Mobile 3204890266

PEC r.sassone@pec.epap.it

Note:

Collaborazione:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
Gennaio 2023		Prima Emissione	Dott. Raffaele Sassone	Dott. Raffaele Sassone

1. Premessa

Su incarico dello Studio STIM ENGINEERING s.r.l., in qualità di progettista dell'impianto eolico di proprietà di Sorgenia Renewables s.r.l., alla luce di specifiche indagini geognostiche condotte dallo scrivente, la presente relazione contiene gli esiti di tale campagna e il modello geotecnico necessario per il dimensionamento delle nuove opere in progetto (Figg.1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5).

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 (Tab.1).

Tabella 1 - Ubicazione dell'opera in progetto		
WTG 1	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. III SE "Biccari"
	Quota media s.l.m.	431 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 515327.80 m E Lat.: 4584997.38 m N
WTG 2	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. III SE "Biccari"
	Quota media s.l.m.	403 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 515787.59 m E Lat.: 4584695.82 m N
WTG 3	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. III NE "Alberona"
	Quota media s.l.m.	397 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 516877.98 m E Lat.: 4585555.59 m N
WTG 4	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
	Quota media s.l.m.	443 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 517782.47 m E Lat.: 4585337.91 m N
WTG 5	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
	Quota media s.l.m.	312 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 519077.06 m E Lat.: 4585899.27 m N
WTG 6	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
	Quota media s.l.m.	302 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 519636.35 m E Lat.: 4585773.90 m N
WTG 7	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
	Quota media s.l.m.	272 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 520984.83 m E Lat.: 4585088.35 m N
WTG 8	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
	Quota media s.l.m.	259 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 521747.44 m E Lat.: 4585117.63 m N
WTG 9	Riferimento IGM	Foglio 163 - Tav. II SO "Troia"
	Quota media s.l.m.	342 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 517949.14 m E Lat.: 4584335.62 m N

I dati esposti in questo elaborato sono stati riscontrati direttamente sul cantiere e nelle aree circostanti.

2. Normativa di riferimento

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- 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).
- D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01.06.1988, n. 127. S.O.
- Circolare 09.01.1996 n. 218/24/3 del Ministero dei lavori pubblici "L. 02.02.1974, n. 64. Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11.03.1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica", G.U. 29.02.1996, n. 50.
- D.G.R. Puglia n. 1214 del 31/05/2011.

3. Localizzazione progetto

3.1 Caratterizzazione morfologica di dettaglio del sito

L'area designata per la realizzazione dell'impianto eolico è posta a nord e nord est dal centro abitato di Biccari, ad una quota va da un minimo di 270 m ad un massimo di 430 m sul livello del mare e una distanza dalla costa di circa 35 Km.

La morfologia dell'area in studio risulta fortemente condizionata dall'attività tettonica e dall'azione delle acque superficiali, generando una pendenza generale in direzione orientale (figg. 2.1, ..., 2.5). Le pendenze sono mediamente inferiori al 5%.

3.2 Caratteristiche idrologiche di dettaglio

3.2.1 Idrografia

L'idrografia superficiale è rappresentata principalmente dal Can.le Guado di Lucera, dal T. Calvino, dal T. Celone e da una rete di piccoli tributari minori a carattere più stagionale.

I tre impluvi principali scorrono parallelamente in direzione orientale. Il Can.le Guado di Lucera e il T. Calvino si congiungono più ad est per formare il T. Vulgano, mentre il T. Celone prosegue sempre in direzione orientale fino a giungere nel lago Celone (Figg. 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5).

Tuttavia, dal rilevamento in campo e dal confronto dell'ortofoto con la carta idrogeomorfologica della regione Puglia (Fig. 3.1, ..., 3.9) 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 nell'area perimetrata dal parco eolico in 11 punti (Figg. 3.3, ..., 3.9).

3.2.2 Idrogeologia

I depositi di copertura quaternari ospitano un'estesa falda idrica, generalmente frazionata su più livelli. Le stratigrafie di numerosi pozzi per acqua esistenti in zona mostrano una successione di terreni sabbiosi-ghiaioso, 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 grigio-azzurre (Argille subappennine), impermeabili.

La realizzazione di numerosi pozzi e il prelievo incontrollato d'acqua dal sottosuolo ha determinato negli ultimi decenni un impoverimento della falda con conseguente abbassamento della superficie piezometrica.

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 -7,00 e -12,00 m dal p.c. per pozzi realizzati a circa 220 m s.l.m. (Fig. 4.1 e 4.2).

3.3 Caratterizzazione stratigrafica e strutturale di dettaglio del sito

Le aree ricadono nel territorio conosciuto come Appennino Dauno, caratterizzato da una serie di accavallamenti tettonici a vergenza adriatica che coinvolgono unità tettoniche individuate tra l'Oligocene e il Pliocene. Tra i terreni affioranti, di origine sedimentaria, prevalgono unità prevalentemente lapidee (Formazione della Daunia o Flysch di Faeto) e termini prevalentemente argillosi (Complesso indifferenziato o Argille Varicolori).

Relativamente alla tipologia di terreno in affioramento al di sotto di ognuno dei 9 generatori eolici interessati dal progetto di sostituzione dei generatori eolici e della sottostazione elettrica in progetto, è possibile distinguere tre formazioni geologiche distinte:

- al di sotto della stazione elettrica, la carta geologica scala 1:100000 (Fig. 5) riporta la presenza di sedimenti quaternari riferibili alla formazione Qc_1 - *ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni, a volte cementati*. I depositi distinti con questa sigla sono composti da ciottolame misto a sabbie sciolte o in puddinga, costituito da elementi di arenaria e di calcare detritico derivanti dal flysch, di dimensioni medie tra 10 e 30 cm di diametro, alternato con sabbie ad andamento lenticolare e talora a stratificazione incrociata. Superiormente si presentano con concrezioni e crostoni calcarei. Esso poggia con lieve discordanza sui sedimenti sottostanti. Questi depositi vengono interpretati come accumuli deltizi formati in corrispondenza di fasi pluviali durante le quali le capacità di trasporto dei corsi d'acqua ed i processi di denudamento sarebbero stati straordinariamente attivi.

Per quanto riguarda il solo parco eolico, questo ricade all'interno dei limiti della Carta Geologica d'Italia scala 1:50000 Foglio n. 407 "San Bartolomeo in Galdo". La geologia di dettaglio ricavata dalla sovrapposizione degli aerogeneratori con la carta geologica è la seguente:

- L'aerogeneratore 1 ricade nel Sintema Cava di Petrelli. Si tratta di depositi terrazzati di II ordine costituiti da ghiaie poligeniche con abbondante matrice sabbiosa-argillosa (Fig. 6.1).
- Gli aerogeneratori 2, 3 e 7 ricadono in depositi argillo-siltose e marne argillose grigie a cui si intercalano sottili strati di sabbia. I terreni appena descritti rientrano nella formazione delle Argille sub-appennine (Fig. 6.2, 6.3 e 6.7).
- Gli aerogeneratori 4, 5 e 6 ricadono in depositi terrazzati di IV ordine costituiti da ghiaie poligeniche con abbondante matrice sabbiosa grossolana (Fig. 6.4, 6.5 e 6.6).
- Gli aerogeneratori 8 e 9 ricadono nel Sintema di Foggia costituito da depositi terrazzati del V ordine: depositi ciottolosi grossolani con alternanza di livelli sabbiosi e siltosi argillosi grigi scuri (Fig. 6.8 e 6.9).

4. Indagini eseguite

Nell'ambito dello studio geologico per la progettazione in fase definitiva di un impianto eolico in agro del comune di Biccari sono state eseguite n. 9 indagini sismiche con la tecnica sia della rifrazione che della MASW (allegato 1).

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito, come detto in premessa, 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.

5. Risultati indagini geofisiche

Le indagini in loco sono consistite nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n. 9 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'-HH'-II', Fig. 7 e allegato 1) con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n. 9 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channelAnalysis of SurfaceWaves) sulla stessa traccia dei rilievi sismici a rifrazione (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'-HH'-II', Fig. 7 e allegato 1), al fine di determinare la categoria di suolo di fondazione e la stima del fattore di amplificazione sismica dell'area

5.1 Indagine sismica a rifrazione

Con le n. 9 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 10-15 m dal p.c.

5.3 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, ovvero, è stato calcolato il parametro $V_{s_{30}}$ quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

Per maggiori dettagli sui risultati delle indagini eseguite, si rimanda alla relazione geologica o al report allegato alla presente relazione.

6. Modello geologico del sottosuolo (fig. 8)

Sulla base delle informazioni e dei risultati ottenuti dalle indagini effettuate, e in accordo con quanto nella Relazione Geologica, è possibile definire il seguente modello geologico dell'area d'interesse:

Modello geologico di riferimento per il parco eolico		
Profondità (dal p.c.)		Litologia
da 0,00 m	a -2,00 m	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati
da -2,00 m	a -8,00 m	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa
da -8,00 m	a -13,00 m	depositi argilloso-sabbiosi

7. Sismicità dell'area

In questo paragrafo viene riassunta l'analisi della sismicità dell'area oggetto di intervento, condotta secondo le direttive delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17-01-2018.

7.1 Categoria di sottosuolo

In accordo alla Normativa italiana di riferimento, la classificazione del sottosuolo viene eseguita in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori, ottenuti mediante specifiche prove, della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{seq} .

Le indagini M.A.S.W. hanno consentito la stima dei valori delle velocità medie delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della V_{seq} risultante.

Stendimento sismico	V_{seq}	Categoria di sottosuolo
1	397,77 m/s	B
2	453,71 m/s	B
3	428,75 m/s	B
4	489,40 m/s	B
5	384,98 m/s	B
6	418,46 m/s	B
7	510,76 m/s	B
8	494,33 m/s	B
9	431,09 m/s	B

Sulla base della V_{seq} 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.

7.2 Categoria topografica

L'area interessata può essere ritenuta stabile e geomorfologicamente idonea alle opere in progetto, e vista la conformazione morfologica, praticamente sub orizzontale, come da paragrafo 3.2.2 "Condizioni topografiche" del D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media uguale o inferiore a 15°), si attribuisce la Categoria Topografica T1.

7.3 Pericolosità sismica del sito

Per il progetto del nuovo impianto eolico in oggetto, sono stati assunti i parametri sismici relativi al Comune di Biccari. 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 $CU = 0,7$);

- categoria topografica T1;
- categoria di sottosuolo di tipo B.

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

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.048	2.401	0.299
Danno (SLD)	35	0.051	2.431	0.309
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.126	2.592	0.433
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.161	2.623	0.472

7.4 Stabilità nei confronti della liquefazione

I parametri caratterizzanti l'azione sismica da assumere per l'applicazione dei metodi "semplificati" all'analisi di liquefazione sono l'accelerazione massima e la magnitudo attese al sito in un dato periodo di riferimento V_R , con una data probabilità di superamento P_{VR} .

Il periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento P_{VR} sono legati al tipo di struttura e alla condizione di stato limite da verificare.

Di seguito si elencano i dati attinenti alla struttura forniti dal progettista:

- Classe Edificio: I – Presenza occasionale di persone [...];
- V_N (vita nominale): 50 anni (Tabella 2.4.I delle NTC-18);
- C_U (Coefficiente d'uso corrispondente): 0,7;
- V_R (Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U$): 35 anni (NTC-18 §2.4.3);
- Stato Limite considerato: SLD.

Stato limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

- P_{VR} , (probabilità di superamento dell'evento sismico, $f V_R$): 63% (Tabella 3.2.I delle NTC-18);

Fissati quindi V_R e P_{VR} è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica, T_R espresso in anni, mediante la relazione (NTC-18 §3.2.1):

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR})$$

Stato limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	$T_R = 0,60 \times V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati limite ultimi	SLV	$T_R = 9,50 \times V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \times V_R$

Nel caso in oggetto, $T_R = 35$ anni.

In relazione alle verifiche di stabilità del sito (NTC18) lo stato limite di riferimento è SLD, pertanto ai fini della suscettibilità alla liquefazione sono condotte solo verifiche nei confronti di quest'ultimo stato limite e di conseguenza si ricavano i valori dei parametri necessari per la definizione dell'azione sismica contenuti nelle NTC18:

- l'accelerazione orizzontale massima su terreno rigido orizzontale a_g , espressa in g;

- il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, F_0 , adimensionale;
- il valore del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale, TC^* , espresso in secondi.
- $a_g = 0,051$
- $F_0 = 2,431$
- $TC^* = 0,309$
- $A_{max} [m/s^2] = 0,601$

L'accelerazione massima al suolo a_{gmax} ($A_{max}/9.81$ m/s²- amplificazione sismica in superficie) è pari a 0.061. Pertanto, in accordo con le condizioni specificate dalla norma vigente [NTC18 – 7.11.3.4.2], essendo $a_{gmax} < 0.1$, la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione può essere omessa:

nel DECRETO 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” al capitolo 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione” è riportato:

“... La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
- 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
- 3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
- 4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5...$ ”.*

8. Modellazione geotecnica

La verifica a carico limite delle fondazioni superficiali o profonde richiede la definizione del modello geotecnico di sottosuolo partendo dal modello geologico

Le indagini geologiche e le indagini geotecniche sono concettualmente diverse tra loro sia perché interessano aree e volumi diversi sia perché hanno finalità diverse. Le indagini geologiche interessano aree e volumi di sottosuolo più ampi e sono finalizzate alla definizione del modello geologico.

Le indagini geotecniche interessano generalmente aree e volumi più ridotti (i volumi significativi) e sono finalizzate alla definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo specifici per la singola opera.

I risultati delle indagini geologiche e i contenuti della relazione geologica consentono al progettista strutturale di creare il modello geologico del sottosuolo, ovvero un modello in cui vengono individuati i diversi strati di terreno e le loro caratteristiche fisiche e meccaniche.

Ai fini della verifica per carico limite della fondazione sarà necessario definire il modello geotecnico del sottosuolo, ovvero un semispazio costituito da una successione di strati omogenei orizzontali le cui

caratteristiche meccaniche siano rappresentative degli strati di sottosuolo ricadenti nel volume significativo del terreno di fondazione.

In sostanza il progettista strutturale per definire il modello geotecnico dovrà definire una successione di strati omogenei caratterizzati da:

- angolo di resistenza al taglio ϕ' (anche definito come angolo d'attrito);
- coesione c' ;
- coesione non drenata c_u (nel caso di terreni a grana fine, in presenza di falda e in condizioni non drenate);
- peso dell'unità di volume (γ);
- peso dell'unità di volume del terreno saturo (γ_{sat}).

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da permettere al progettista strutturale di definire il piano delle indagini geotecniche e deve definire i seguenti caratteri dell'area in esame:

- litologici;
- stratigrafici;
- strutturali;
- idrogeologici;
- geomorfologici.

La caratterizzazione e modellazione geologica del sito deve essere esposta nella relazione geologica. Tale documento costituisce parte integrante del progetto.

Per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno al di sotto della fondazione, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti:

- la successione stratigrafica;
- il regime delle pressioni interstiziali;
- i valori caratteristici dei parametri geotecnici, intesi come una stima cautelativa dei singoli parametri, per ogni stato limite considerato.

La Normativa Tecnica definisce il volume significativo nel modo seguente:

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso (par. 6.2.2 – NTC2018).

In sostanza il volume significativo è quella porzione di terreno che si estende fino ad una profondità tale per cui gli incrementi di tensione, dovuti all'applicazione dei carichi in superficie, diventano trascurabili ovvero dell'ordine del 10% del carico applicato.

In via semplificata la profondità del volume significativo può essere definita in funzione della dimensione dell'opera di fondazione.

Le indagini geotecniche devono riguardare il volume significativo di terreno. La Circolare 2019 elenca nella tabella C6.2.1 i mezzi di indagine e le prove geotecniche in sito di uso più frequente.

Come prescritto dalle NTC2018, la definizione delle indagini geotecniche e del modello geotecnico spetta al progettista strutturale: *Della definizione del piano delle indagini geotecniche, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista (par. 6.2.2 – NTC2018).*

Tale concetto viene ribadito anche nella Circolare 2019:

E' compito e responsabilità del progettista definire il piano delle indagini geotecniche e, sulla base dei risultati ottenuti, individuare i modelli geotecnici di sottosuolo più appropriati alla tipologia di opera e/o intervento, tenendo conto delle tecnologie e delle modalità costruttive previste [...]

Definito il quadro geologico di riferimento, le indagini geotecniche, logicamente consequenziali, sono programmate dal progettista sulla base della conoscenza dell'opera e dei suoi possibili stati limite (par. C6 – Circolare 2019).

In questa fase progettuale (progetto definitivo) si cercherà di ricostruire un modello geotecnico del sottosuolo con l'ausilio dei soli dati ottenuti dalla campagna geologica.

Una dettagliata e completa campagna di indagini geotecniche saranno eseguite in una fase successiva in accordo con quanto prescritto dal progettista delle strutture.

Con i dati attualmente acquisiti: indagine geofisica, dati ricavati dai sopralluoghi e cartografia geologica ufficiale, è possibile ricostruire un modello geologico costituito da quattro litologie sovrapposte:

- depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati;
- depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa;
- depositi argilloso-sabbiosi.

Per l'analisi dell'interazione tra le nuove opere in progetto e il terreno e per il dimensionamento e la verifica delle stesse, si è definito un modello geotecnico di riferimento:

- Unità A: depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati;
- Unità B: depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa;
- Unità C: depositi argilloso-sabbiosi.

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 -7,00 e -12,00 m dal p.c. per pozzi realizzati a circa 220 m s.l.m. (Fig. 4.1 e 4.2).

L'interpretazione dei dati dell'indagine ha portato alla compilazione della tabella seguente nella quale si riportano i parametri elasto-dinamici del sottosuolo, mentre, i parametri geologico-tecnici fondamentali ricavati dalla bibliografia o estrapolati da relazioni empiriche sono riportati nella successiva tabella.

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;

μ = modulo di Poisson;

c = coesione;

ϕ = angolo di attrito.

Modello geotecnico di riferimento per il parco eolico									
Unità	Descrizione	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	c (Kg/cm ²)	ϕ (°)
A	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati	1.79	3022.5	4797.0	7797.1	10213.4	0.29	0,47	19,50
B	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa	2.11	11246.6	47390.6	32081.2	65319.1	0.43	0,76	24,40
C	depositi argilloso-sabbiosi	2.16	10265.1	69348.6	29431.1	87507.0	0.43	0,99	30,80

9. Verifica di stabilità di versante per gli aerogeneratori WTG1, 2, 3 e 9

L'osservazione della cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale inserisce gli aerogeneratori WTG1, 2, 3 e 9 in aree sottoposte a "Pericolosità geomorfologica media e moderata" PG1 (fig. 9).

Descrizione	Livello	Aerogeneratori								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pericolosità Geomorfologica	media e moderata (PG1)	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI
	elevata (PG2)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	elevata (PG3)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Quindi, per una verifica della stabilità legata soprattutto al rischio di frana o colamento dei terreni di fondazione sono state eseguite delle simulazioni di stabilità del versante ante- e post-opera per i quattro aerogeneratori (allegato 2). Sono stati utilizzati i dati ottenuti in questa prima fase di investigazione geologica.

Le simulazioni sono state condotte utilizzando i profili topografici che individuano le aree di versante di massima pendenza. I dati utilizzati sono:

- Presenza di una falda idrica superficiale;
- il seguente modello geologico (fig. 8):

Modello geologico di riferimento per il parco eolico			
Unità	Profondità (dal p.c.)		Litologia
A	da 0,00 m	a -2,00 m	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati
B	da -2,00 m	a -8,00 m	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa
C	da -8,00 m	a -13,00 m	depositi argilloso-sabbiosi

- Il seguente modello geotecnico:

Modello geotecnico di riferimento per il parco eolico									
Unità	Descrizione	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	c (Kg/cm ²)	φ (°)
A	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati	1.79	3022.5	4797.0	7797.1	10213.4	0.29	0,47	19,50
B	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa	2.11	11246.6	47390.6	32081.2	65319.1	0.43	0,76	24,40
C	depositi argilloso-sabbiosi	2.16	10265.1	69348.6	29431.1	87507.0	0.43	0,99	30,80

- È stato utilizzato il software di simulazione "SLOPE" dell'azienda GEOSTRU.

I risultati delle simulazioni (riportati in dettaglio nei report che costituiscono l'allegato 2) per i quattro aerogeneratori sono di seguito riportati:

Per il WTG1 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a FS min = 9.413 che risulta maggiore di Fs = 1,3

Per il WTG1 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a FS min = 8.266 che risulta maggiore di Fs = 1,3

Per il WTG2 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a FS min = 6.882 che risulta maggiore di Fs = 1,3

Per il WTG2 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a FS min = 6.743 che risulta maggiore di Fs = 1,3

Per il WTG3 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a FS min = 3.256 che risulta maggiore di Fs = 1,3

Per il WTG3 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a FS min = 2.938 che risulta maggiore di Fs = 1,3

Per il WTG9 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 7.481$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Per il WTG9 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 7.152$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

10. Prescrizioni

Sulla base delle informazioni e dei risultati ottenuti dalle indagini effettuate, e in accordo con quanto nella Relazione Geologica, è possibile definire il seguente modello geologico dell'area d'interesse:

Modello geologico di riferimento per il parco eolico		
Profondità (dal p.c.)		Litologia
da 0.00 m	a -2,00 m	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati
da -2,00 m	a -8,00 m	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa
da -8,00 m	a -13,00 m	depositi argilloso-sabbiosi

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

L'area designata per la realizzazione dell'impianto eolico è posta a nord e nord est dal centro abitato di Biccari, ad una quota va da un minimo di 270 m ad un massimo di 430 m sul livello del mare e una distanza dalla costa di circa 35 Km.

La morfologia dell'area in studio risulta fortemente condizionata dall'attività tettonica e dall'azione delle acque superficiali, generando una pendenza generale in direzione orientale. Le pendenze sono mediamente inferiori al 5%.

L'idrografia superficiale è rappresentata principalmente dal Can.le Guado di Lucera, dal T. Calvino, dal T. Celone e da una rete di piccoli tributari minori a carattere più stagionale.

I tre impluvi principali scorrono parallelamente in direzione orientale. Il Can.le Guado di Lucera e il T. Calvino si congiungono più ad est per formare il T. Vulgano, mentre il T. Celone prosegue sempre in direzione orientale fino a giungere nel lago Celone.

I depositi di copertura quaternari ospitano un'estesa falda idrica, generalmente frazionata su più livelli. Le stratigrafie di numerosi pozzi per acqua esistenti in zona mostrano una successione di terreni sabbiosi-ghiaioso, 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 grigio-azzurre (Argille subappennine), impermeabili.

La realizzazione di numerosi pozzi e il prelievo incontrollato d'acqua dal sottosuolo ha determinato negli ultimi decenni un impoverimento della falda con conseguente abbassamento della superficie piezometrica.

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 -7,00 e -12,00 m dal p.c. per pozzi realizzati a circa 220 m s.l.m.

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.

L'area interessata può essere ritenuta stabile e geomorfologicamente idonea alle opere in progetto, e vista la conformazione morfologica, praticamente sub orizzontale, come da paragrafo 3.2.2 "Condizioni topografiche" del D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media uguale o inferiore a 15°), si attribuisce la Categoria Topografica T1.

L'accelerazione massima al suolo a_{gmax} ($A_{max}/9.81$ m/s²- amplificazione sismica in superficie) è pari a 0.061. Pertanto, in accordo con le condizioni specificate dalla norma vigente [NTC18 – 7.11.3.4.2], essendo $a_{gmax} < 0.1$, la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione può essere omessa.

Per l'analisi dell'interazione tra le nuove opere in progetto e il terreno e per il dimensionamento e la verifica delle stesse, si è definito un modello geotecnico di riferimento:

Modello geotecnico di riferimento per il parco eolico									
Unità	Descrizione	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	c (Kg/cm ²)	φ (°)
A	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati	1.79	3022.5	4797.0	7797.1	10213.4	0.29	0,47	19,50
B	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa	2.11	11246.6	47390.6	32081.2	65319.1	0.43	0,76	24,40
C	depositi argilloso-sabbiosi	2.16	10265.1	69348.6	29431.1	87507.0	0.43	0,99	30,80

L'osservazione della cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale inserisce gli aerogeneratori WTG1, 2, 3 e 9 in aree sottoposte a "Pericolosità geomorfologica media e moderata" PG1.

Quindi, per una verifica della stabilità legata soprattutto al rischio di frana o colamento dei terreni di fondazione sono state eseguite delle simulazioni di stabilità del versante ante- e post-opera per i quattro aerogeneratori. Sono stati utilizzati i dati ottenuti in questa prima fase di investigazione geologica.

Le simulazioni sono state condotte utilizzando i profili topografici che individuano le aree di versante di massima pendenza. I dati utilizzati sono:

- Presenza di una falda idrica superficiale;
- il modello geologico;
- Il seguente modello geotecnico;

- È stato utilizzato il software di simulazione "SLOPE" dell'azienda GEOSTRU.

I risultati delle simulazioni per i quattro aerogeneratori sono di seguito riportati:

Per il WTG1 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 8.266$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Per il WTG2 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 6.743$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Per il WTG3 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 2.938$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Per il WTG9 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 7.152$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Gioia del Colle, gennaio 2023

il Geologo

Dott. Raffaele SASSONE



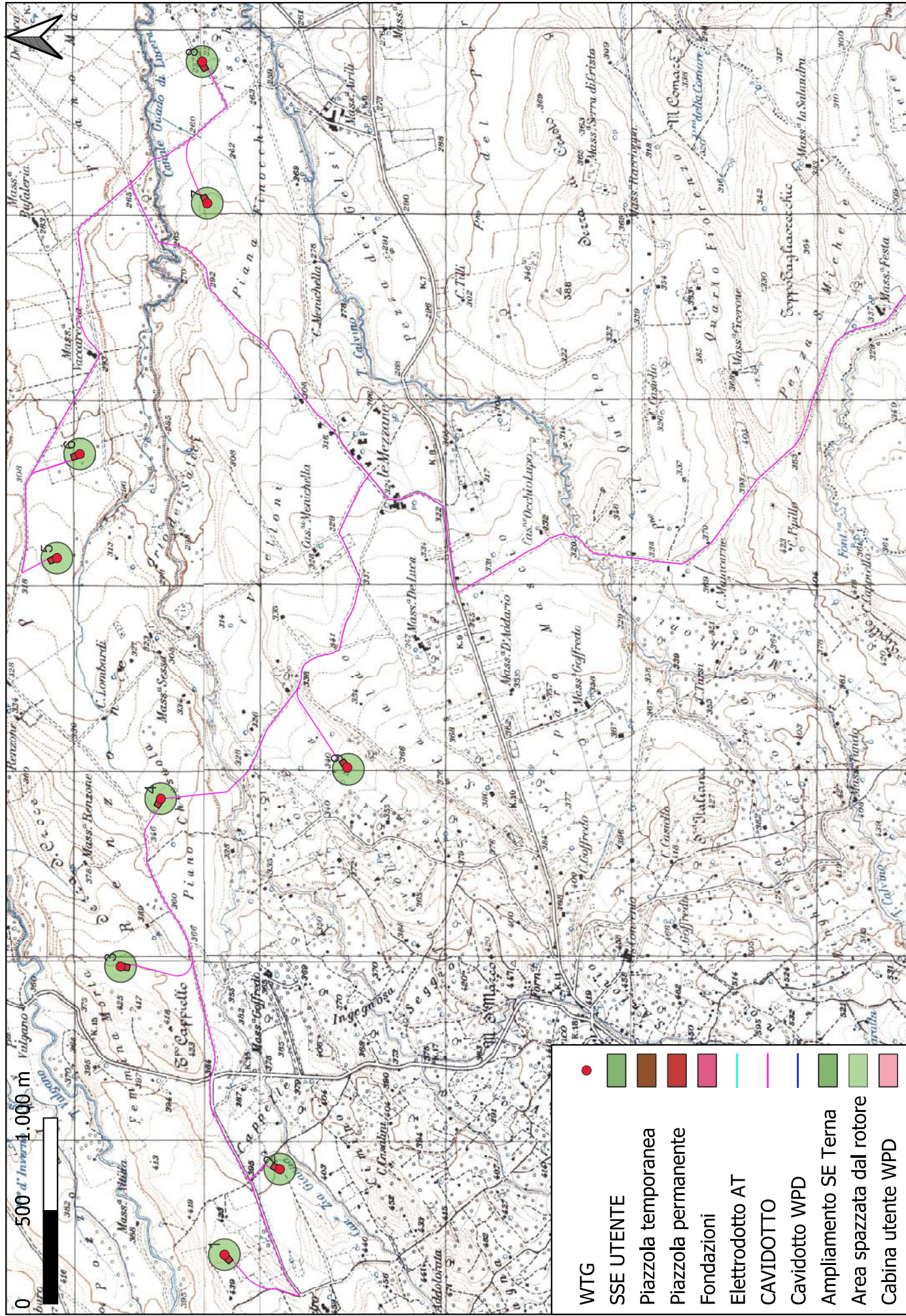


Figura 1.1: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica IGM scala 1:25000

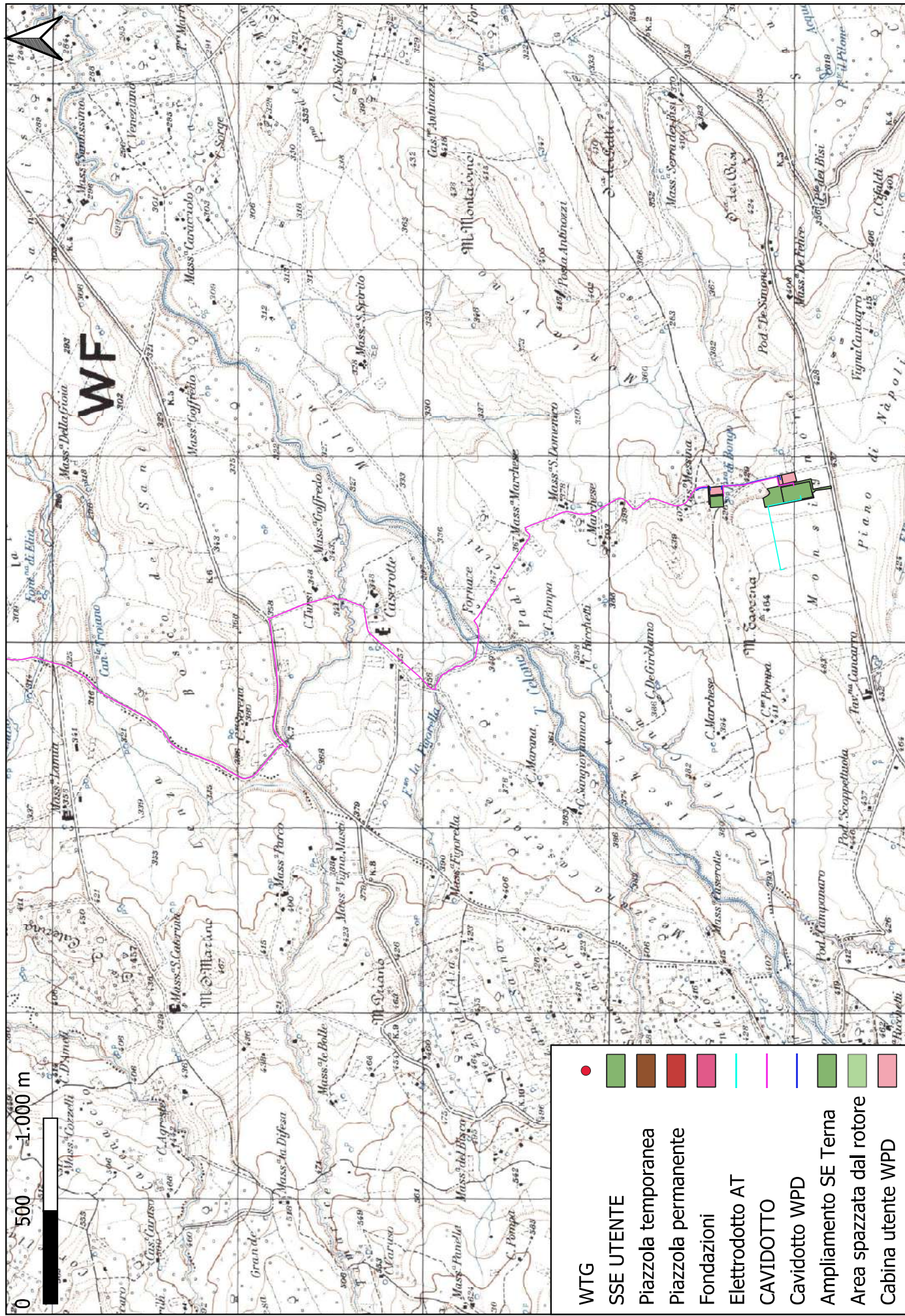


Figura 1.2: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica IGM scala 1:25000

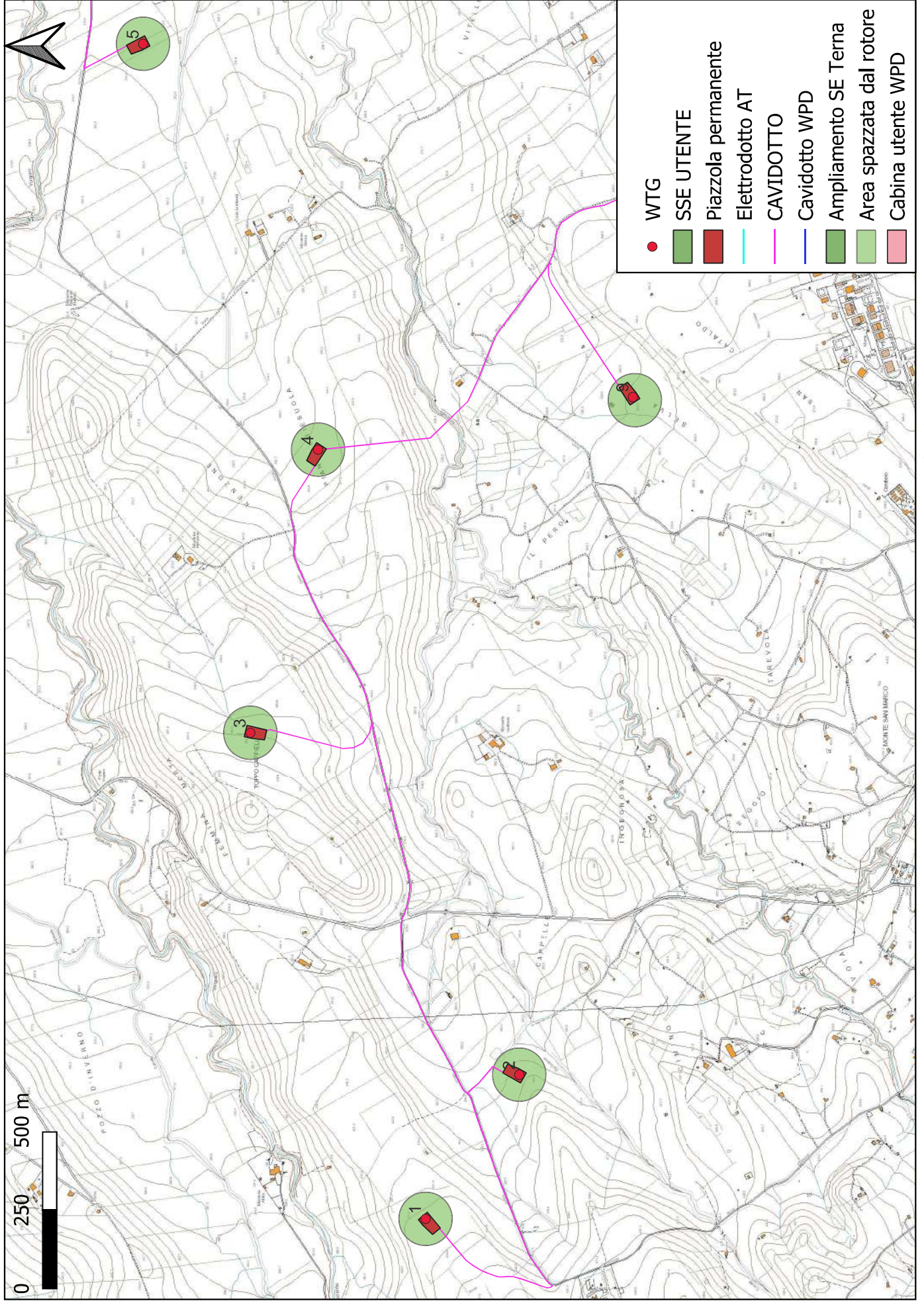


Figura 2.1: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica CTR scala 1:15000

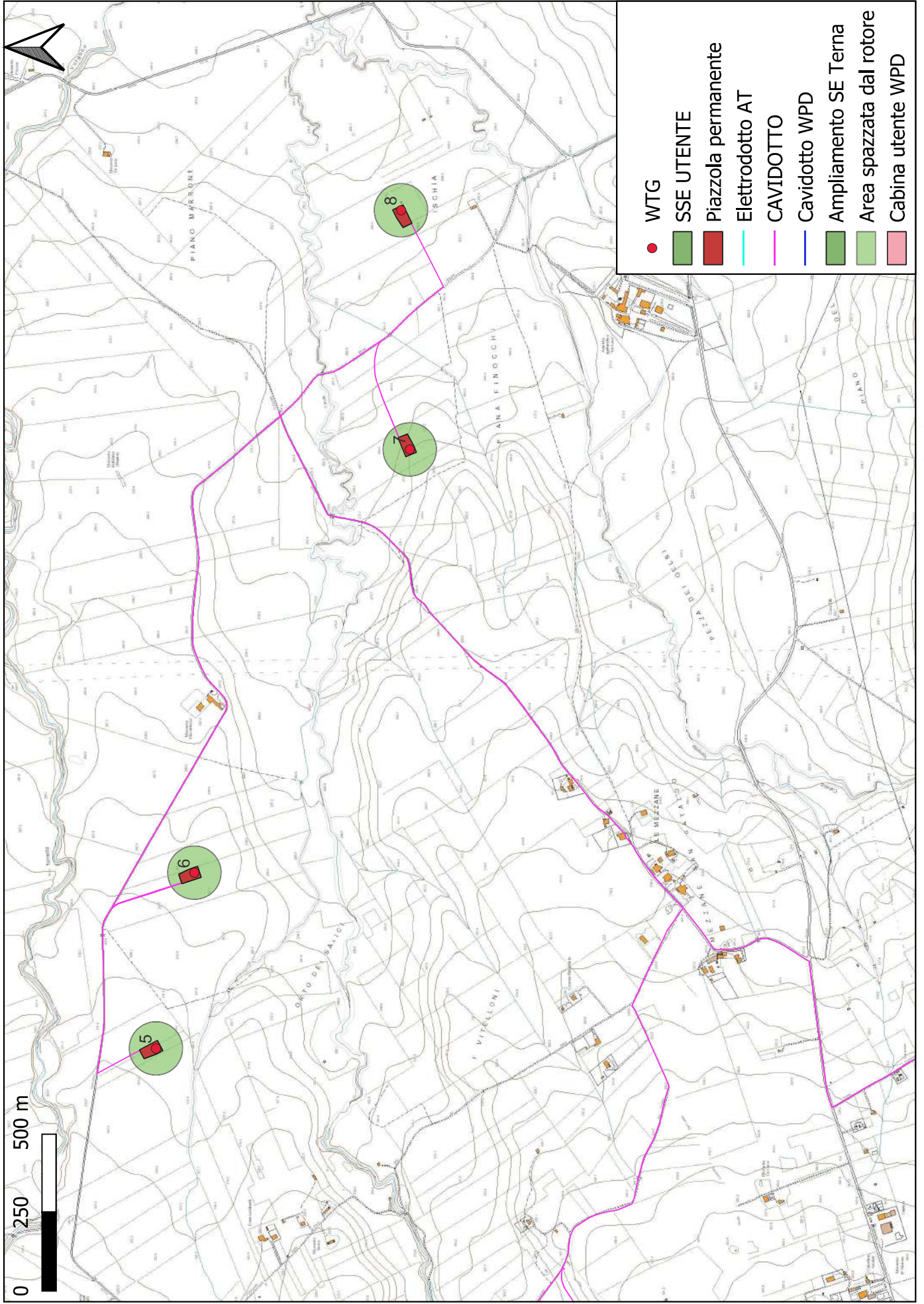


Figura 2.2: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su basa cartografica CTR scala 1:15000

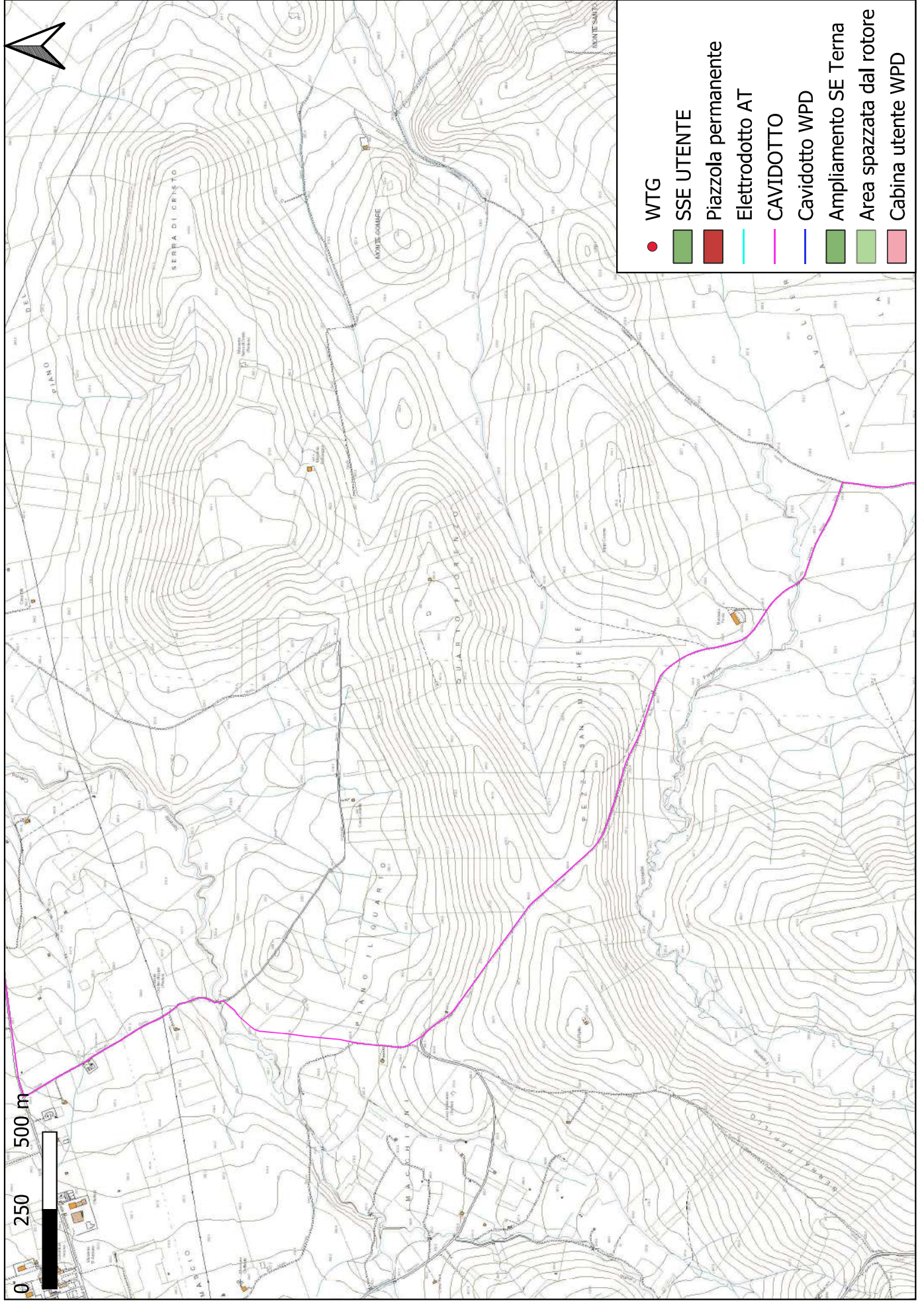


Figura 2.3: ubicazione cavidotto su basa cartografica CTR scala 1:15000

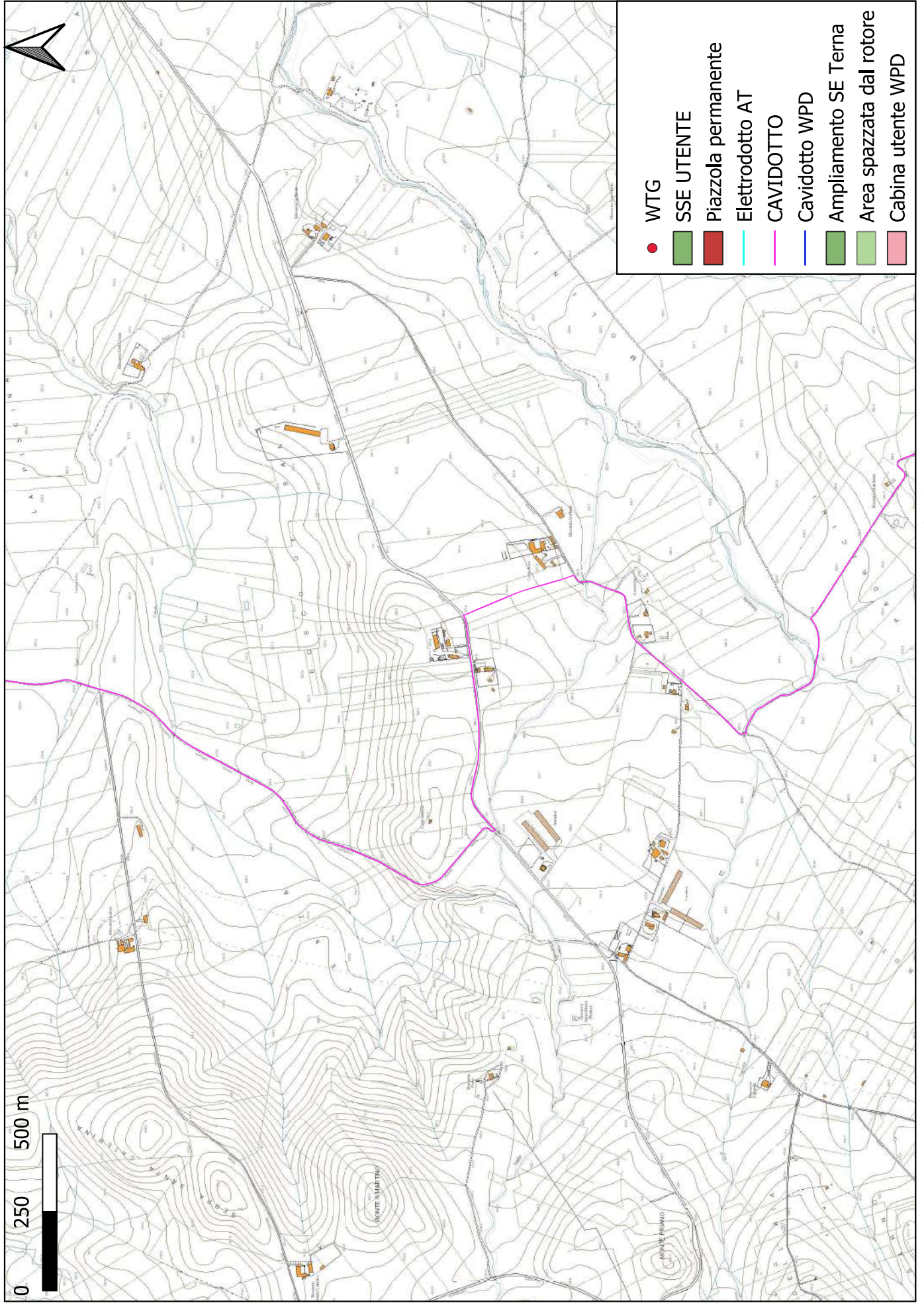


Figura 2.4: ubicazione cavidotto su base cartografica CTR scala 1:15000

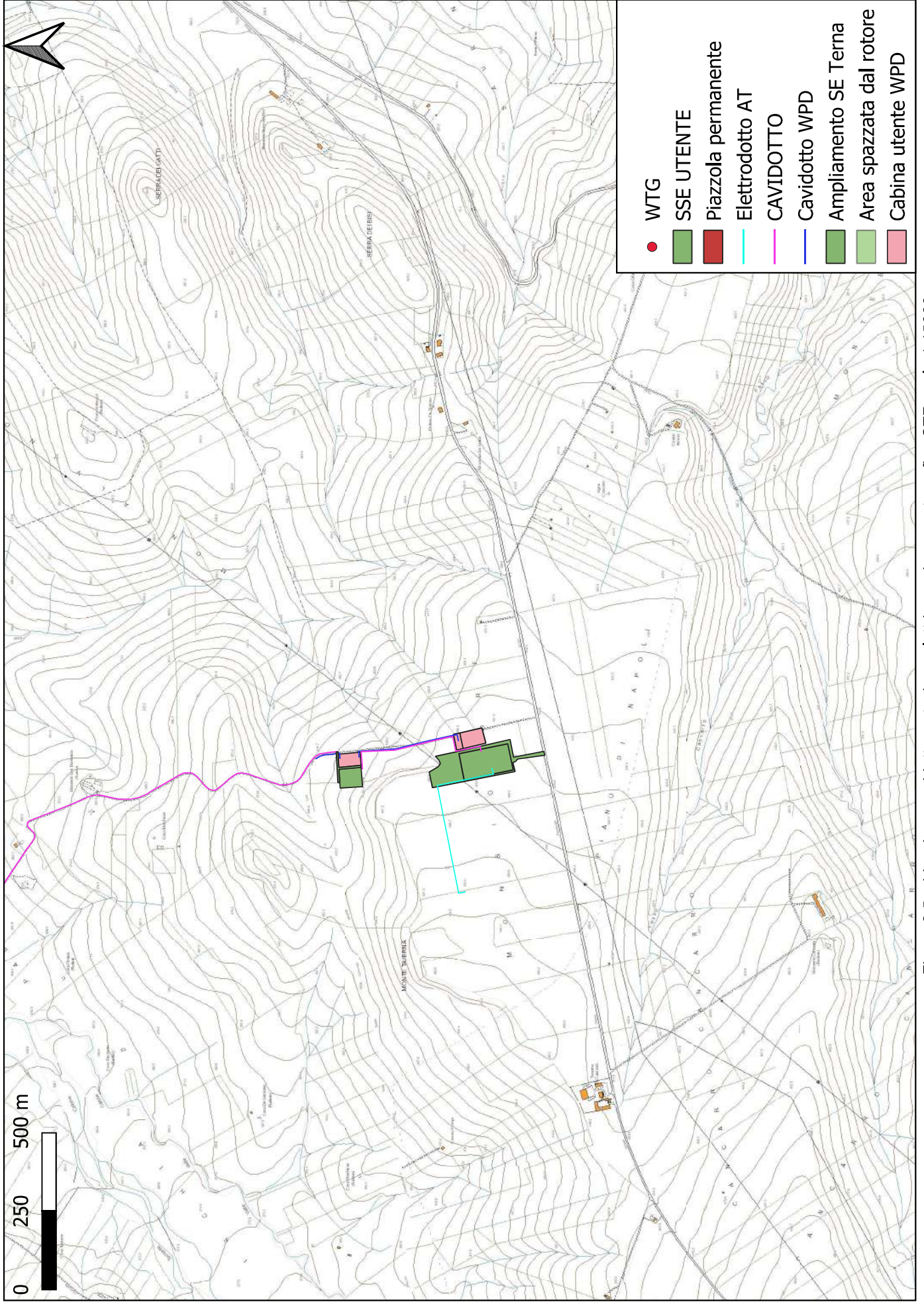


Figura 2.5: ubicazione cavidotto e stazione elettrica su base cartografica CTR scala 1:15000



Figura 3.1: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su stralicio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:25000

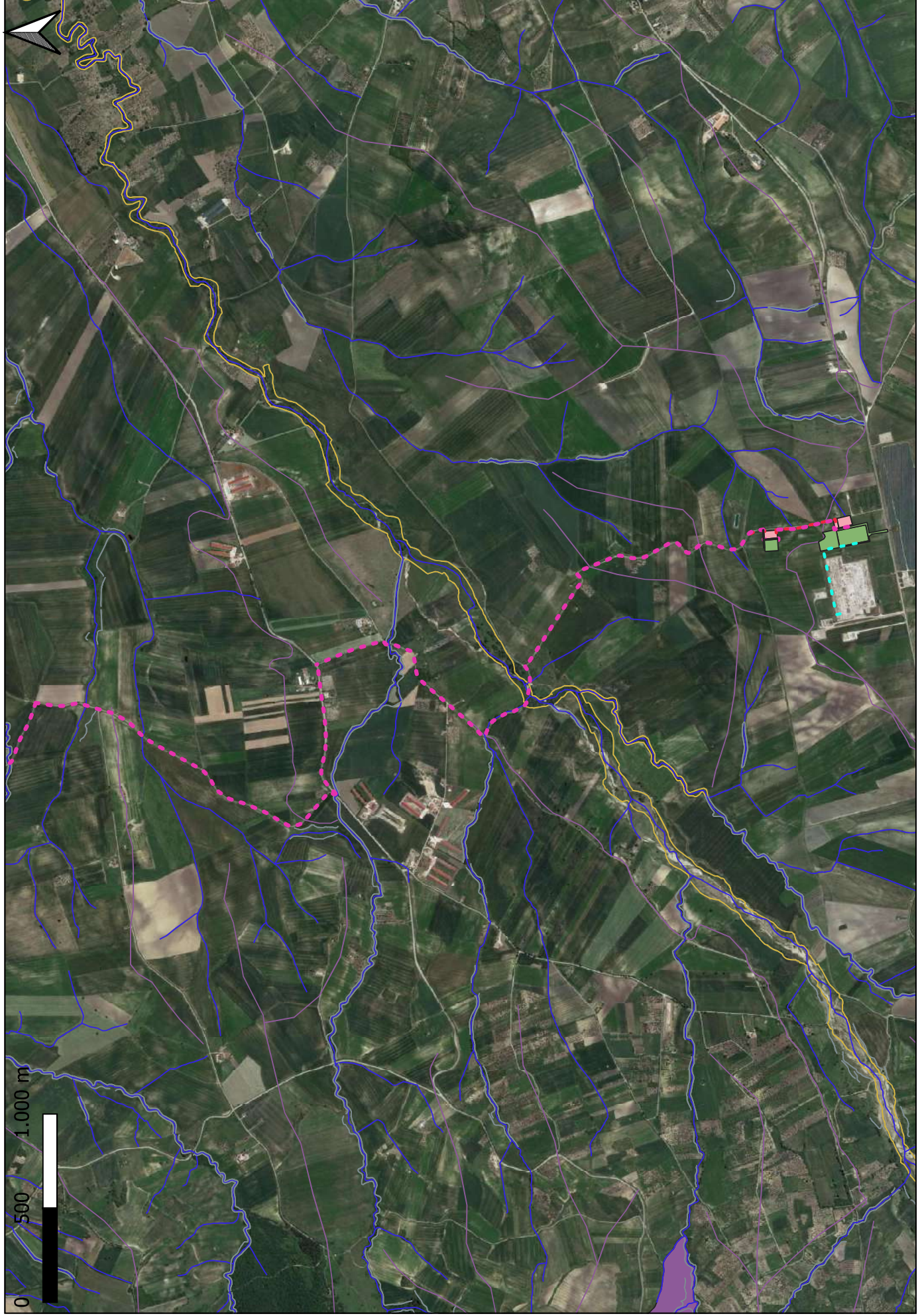


Figura 3.2: ubicazione stazione elettrica e cavidotto su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:25000



Figura 3.3: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000



Figura 3.4: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000



Figura 3.5: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000



Figura 3.6: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000

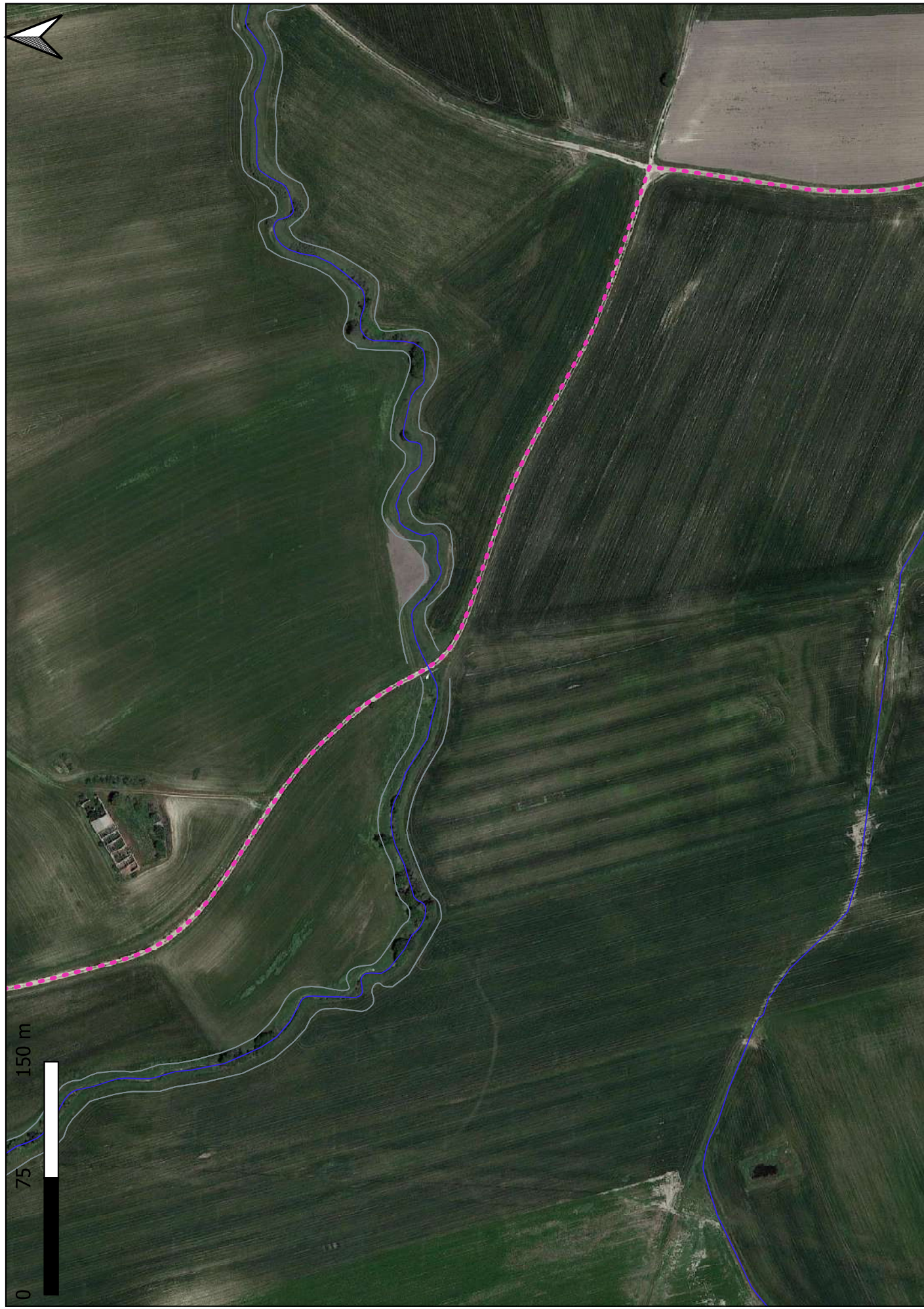


Figura 3.7: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000



Figura 3.8: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000





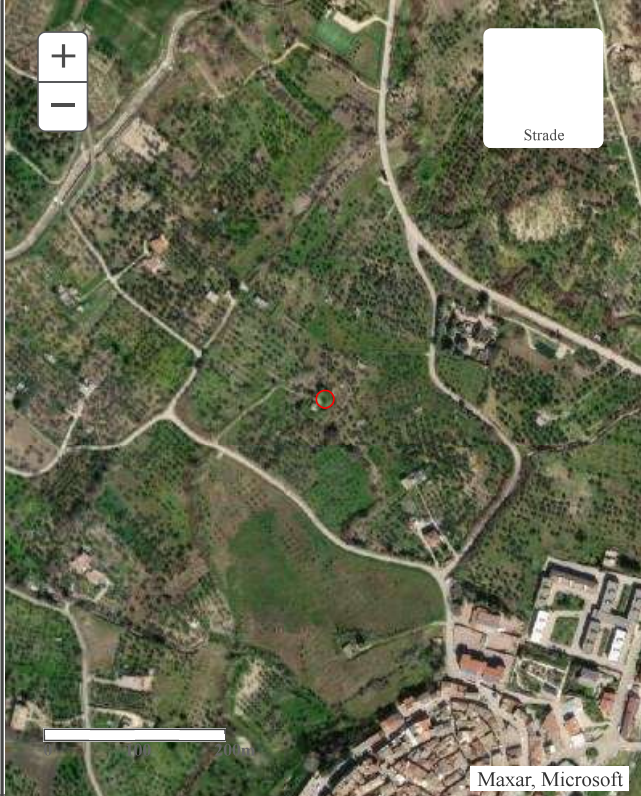
Figura 3.9: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000



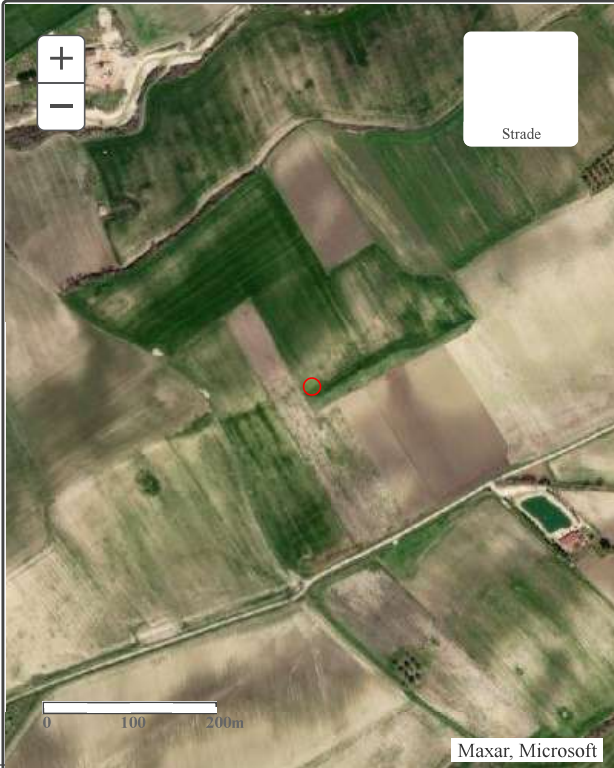


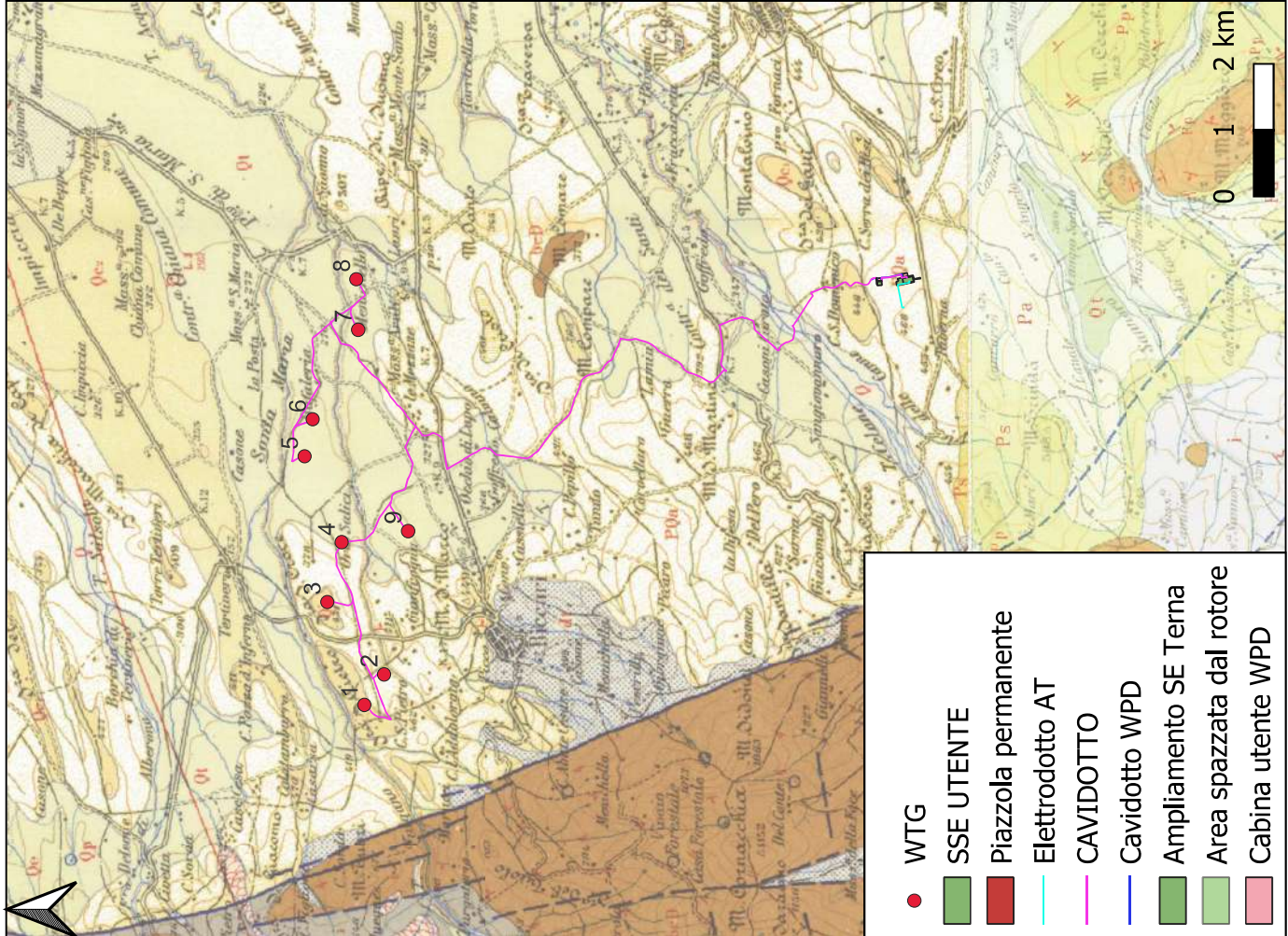
Figura 3.10: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000



Figura 3.11: Alcuni punti di interferenza cavidotto e reticolo idrografico su stralcio carta idrogeomorfologica della Puglia scala 1:3000

  <p>ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p>	<p>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p>																														
<p>Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</p>																															
<p>Dati generali</p>	<p>Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</p>																														
<p>Codice: 199003 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGIA Comune: BICCARI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO A GRANDE DIAMETRO Profondità (m): 18,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 2 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 0 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 4 Longitudine WGS84 (dd): 15,194633 Latitudine WGS84 (dd): 41,401997 Longitudine WGS84 (dms): 15° 11' 40.69" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 24' 07.19" N</p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>																															
<p>DIAMETRI PERFORAZIONE</p>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> <th>Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>18,00</td> <td>18,00</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	0,00	18,00	18,00	1000																				
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																											
1	0,00	18,00	18,00	1000																											
<p>FALDE ACQUIFERE</p>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>7,00</td> <td>7,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12,00</td> <td>12,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	1	7,00	7,00	0,00	2	12,00	12,00	0,00																		
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)																												
1	7,00	7,00	0,00																												
2	12,00	12,00	0,00																												
<p>STRATIGRAFIA</p>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Spessore (m)</th> <th>Età geologica</th> <th>Descrizione litologica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>1,70</td> <td>1,70</td> <td></td> <td>TERRENO VEGETALE</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1,70</td> <td>7,90</td> <td>6,20</td> <td></td> <td>CONGLOMERATO CON ARGILLA SABBIOSA</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7,90</td> <td>12,00</td> <td>4,10</td> <td></td> <td>ARGILLA SABBIOSA</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12,00</td> <td>18,00</td> <td>6,00</td> <td></td> <td>ARGILLA CON VENATURE BLUASTRE</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica	1	0,00	1,70	1,70		TERRENO VEGETALE	2	1,70	7,90	6,20		CONGLOMERATO CON ARGILLA SABBIOSA	3	7,90	12,00	4,10		ARGILLA SABBIOSA	4	12,00	18,00	6,00		ARGILLA CON VENATURE BLUASTRE
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica																										
1	0,00	1,70	1,70		TERRENO VEGETALE																										
2	1,70	7,90	6,20		CONGLOMERATO CON ARGILLA SABBIOSA																										
3	7,90	12,00	4,10		ARGILLA SABBIOSA																										
4	12,00	18,00	6,00		ARGILLA CON VENATURE BLUASTRE																										

 ISPRA <small>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</small>	 <small>Sistema Nazionale 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		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine																																							
<p> Codice: 199004 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGIA Comune: BICCARI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 18,00 Quota pc slm (m): 222,00 Anno realizzazione: 2002 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 0,150 Portata esercizio (l/s): 0,100 Numero falde: 0 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 15,188339 Latitudine WGS84 (dd): 41,417319 Longitudine WGS84 (dms): 15° 11' 18.03" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 25' 02.36" N </p> <p>(*Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia)</p>																																									
DIAMETRI PERFORAZIONE																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Progr</th> <th style="width: 20%;">Da profondità (m)</th> <th style="width: 20%;">A profondità (m)</th> <th style="width: 20%;">Lunghezza (m)</th> <th style="width: 30%;">Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>18,00</td> <td>18,00</td> <td>1200</td> </tr> </tbody> </table>					Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	0,00	18,00	18,00	1200																											
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																					
1	0,00	18,00	18,00	1200																																					
MISURE PIEZOMETRICHE																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Data rilevamento</th> <th style="width: 20%;">Livello statico (m)</th> <th style="width: 20%;">Livello dinamico (m)</th> <th style="width: 20%;">Abbassamento (m)</th> <th style="width: 25%;">Portata (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mar/2002</td> <td>8,00</td> <td>11,50</td> <td>3,50</td> <td>ND</td> </tr> </tbody> </table>					Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	mar/2002	8,00	11,50	3,50	ND																											
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)																																					
mar/2002	8,00	11,50	3,50	ND																																					
STRATIGRAFIA																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 8%;">Progr</th> <th style="width: 10%;">Da profondità (m)</th> <th style="width: 10%;">A profondità (m)</th> <th style="width: 8%;">Spessore (m)</th> <th style="width: 8%;">Età geologica</th> <th style="width: 56%;">Descrizione litologica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td></td> <td>TERRENO SCURO CON TROVANTI</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1,00</td> <td>3,00</td> <td>2,00</td> <td></td> <td>CIOTTOLI ETERODIMENSIONALI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,00</td> <td>12,00</td> <td>9,00</td> <td></td> <td>LIMO ARGILLOSA A VOLTE SABBIOSO CON TROVANTI LITOIDI DI NATURA PREVALENTEMENTE CALCAREA ETERODIMENSIONALI</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12,00</td> <td>14,00</td> <td>2,00</td> <td></td> <td>ARGILLA GIALLA CON LIVELLI SABBIOSI</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>14,00</td> <td>18,00</td> <td>4,00</td> <td></td> <td>ARGILLA GRIGIO AZZURRA MARNOSA COMPATTA</td> </tr> </tbody> </table>						Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica	1	0,00	1,00	1,00		TERRENO SCURO CON TROVANTI	2	1,00	3,00	2,00		CIOTTOLI ETERODIMENSIONALI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA	3	3,00	12,00	9,00		LIMO ARGILLOSA A VOLTE SABBIOSO CON TROVANTI LITOIDI DI NATURA PREVALENTEMENTE CALCAREA ETERODIMENSIONALI	4	12,00	14,00	2,00		ARGILLA GIALLA CON LIVELLI SABBIOSI	5	14,00	18,00	4,00		ARGILLA GRIGIO AZZURRA MARNOSA COMPATTA
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica																																				
1	0,00	1,00	1,00		TERRENO SCURO CON TROVANTI																																				
2	1,00	3,00	2,00		CIOTTOLI ETERODIMENSIONALI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA																																				
3	3,00	12,00	9,00		LIMO ARGILLOSA A VOLTE SABBIOSO CON TROVANTI LITOIDI DI NATURA PREVALENTEMENTE CALCAREA ETERODIMENSIONALI																																				
4	12,00	14,00	2,00		ARGILLA GIALLA CON LIVELLI SABBIOSI																																				
5	14,00	18,00	4,00		ARGILLA GRIGIO AZZURRA MARNOSA COMPATTA																																				



Alluvioni recenti e attuali (Qr).
 Detriti di falda (dt). conoidi di delazione.

Crostoni calcarei (Qcr).
 Terre nere di fondi palustri (Qp).

Depositi fluviali terrazzati a quote superiori ai 7 m sull' alveo del fiume (Qt);
 superfici spianate, spesso ricoperte da terreni eluviali (Qe).

Sabbie gialle fini con molluschi litorali e salmastri (*Chlamys varia*, *C. flexuosa*, *O. lamellosa*, *P. jacobaeus*) del Siciliano (Qm).
 Ciottolame incoerente con elementi di piccole e medie dimensioni, prevalentemente selcioso; alternanze di livelli ciotolosi e sabbiosi con sottili intercalazioni argillose (Qcs).
 Qm2 e Qc2 formano superfici spianate, inclinate ad Est, comprese fra quote 300 e 100 m.

Ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni, a volte cementati, di rocce derivanti dai terreni dell' Appennino, talora con intercalazioni sabbiose, fine Calabriano (β). Il complesso Qc; poggia generalmente sulla superficie erosa della serie Pliopliocenica.

Argille scistose, argille marnose grigio-azzurrognole, sabbie argillose con frequenti associazioni di *Bullimina*, *Bullina*, *Cassidulina* (PQa).
 Olistostromi di materiali pre-pliocenici in Pozzo M. S. n° 3 (Pol).
 Sabbie ed arenarie con livelli di puddinghe ad Oriente di Castelluccio Valmaggiore (Ps).

Formazione della Daunia: breccie e brecciole calcareo-origenogene, a luoghi con lenti di selce, alternanti a marne ed argille varicolori; argille e marne siliose; calceni compatti o farnosi biancastri; arenarie di vario tipo; puddinghe poligeniche, briozoi e molluschi miocenici associati e foraminiferi del Paleogene e del Miocene

Complesso indifferenziato: argille e marne prevalentemente siliose, grigie e varicolori, con differente grado di coesione e scistosità; complessi di strati calcarei, calcareo-marnosi, calcarenitici, di breccie calcaree, di arenarie varie, puddinghe, diaspri e scisti diaspri; rari livelli di sabbie con elementi vulcanici; episodi di frane sottomarine intrafornamentali (olistostromi).
 Microfauna del Cretaceo e Paleogene

Figura 5: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su Carta Geologica d'Italia 163 Lucera scala 1:100000



SINTEMA DI CAVA PETRILLI

Depositi terrazzati di II ordine: costituiti verso monte da blocchi (fino ad 1m di diametro) e da ghiaie poligeniche con abbondante matrice sabbioso-argillosa, massive, non selezionate, verso valle ghiaie selezionate, embriciate e con canalizzazioni, e sabbie in strati e lenti. Spessore 10 m.
PLEISTOCENE MEDIO

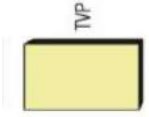


Figura 6.1: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica



ARGILLE SUBAPPENNINE

Alternanza di argille siltose e marne argillose grigie a cui si intercalano sottili strati di sabbia. Lo spessore degli strati varia da pochi cm ad oltre il metro. In affioramento lo spessore delle argille è dell'ordine di alcune centinaia di metri. La formazione è troncata da una netta superficie di erosione sulla quale poggiano discordanti i depositi alluvionali del Superinterna del Tavoliere di Puglia. Biozone a foraminiferi planctonici: *Globorotalia crassaformis* e *Globorotalia inflata* di SPAAK (1983), biozone a foraminiferi bentonici: *Anomalinoidea helicinus*, *Bulimina marginata* e *Bulimina elegans marginata* di COLALONGO & SARTONI (1979), biozone a nannofossili calcarei: dalla Zona MN16b/17 alla MN19a di RIO et al. (1990).

PIACENZIANO - GELASIANO

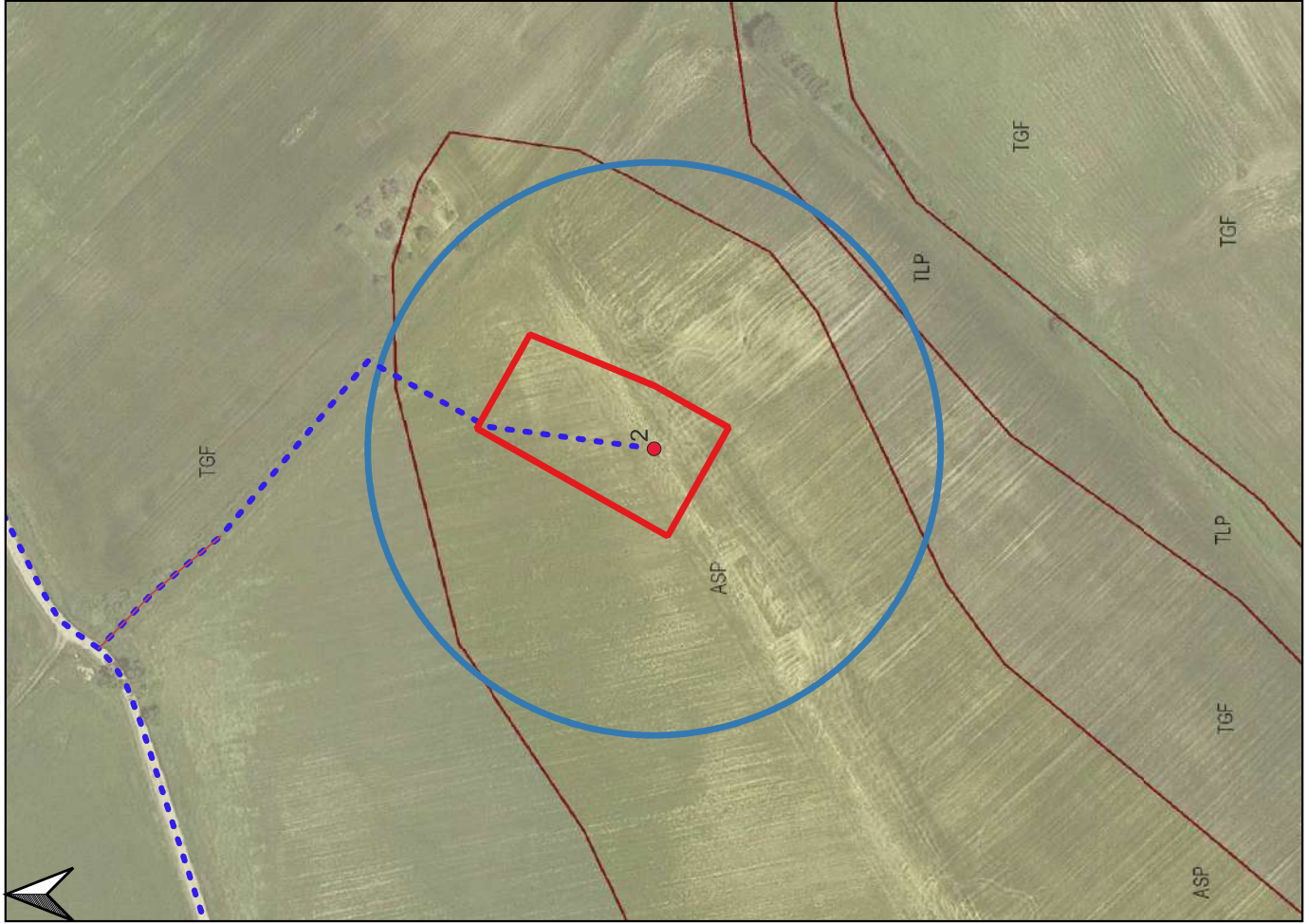
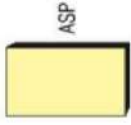


Figura 6.2: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica

0 25 50 m



ARGILLE SUBAPPENNINE

Alternanza di argille siltose e marne argillose grigie a cui si intercalano sottili strati di sabbia. Lo spessore degli strati varia da pochi cm ad oltre il metro. In affioramento lo spessore delle argille è dell'ordine di alcune centinaia di metri. La formazione è troncata da una netta superficie di erosione sulla quale poggiano discordanti i depositi alluvionali del Supersistema del Tavoliere di Puglia. Biozone a foraminiferi planctonici: *Globorotalia crassaformis* e *Globorotalia inflata* di SPAAK (1983), biozone a foraminiferi bentonici: *Anomalinoidea helicinus*, *Bulimina marginata* e *Bulimina elegans marginata* di COLALONGO & SARTONI (1979), biozone a nannofossili calcarei: dalla Zona MNIN16b/17 alla MNIN19a di RIO et al. (1990).

PIACENZIANO - GELASIANO

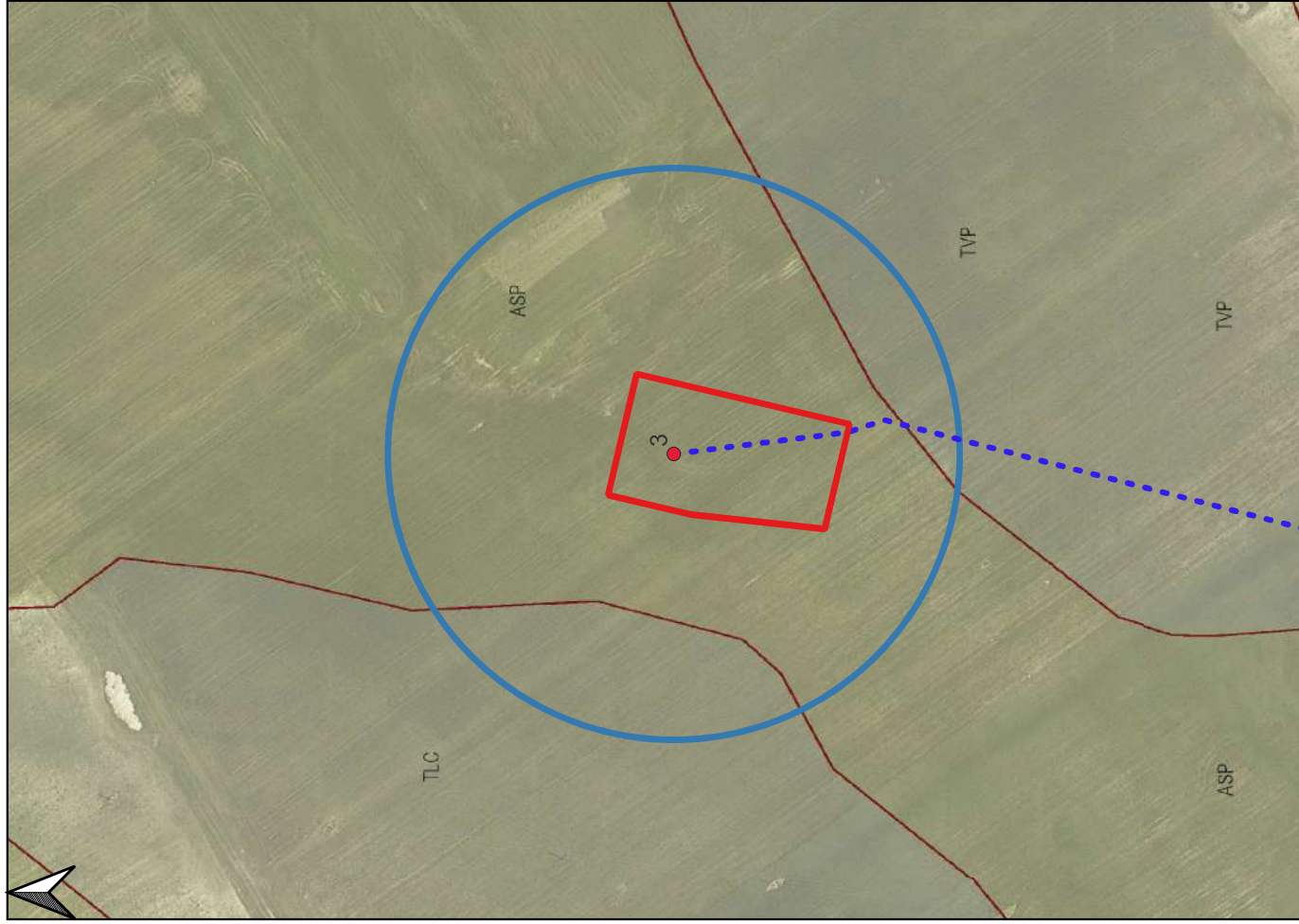
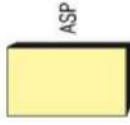
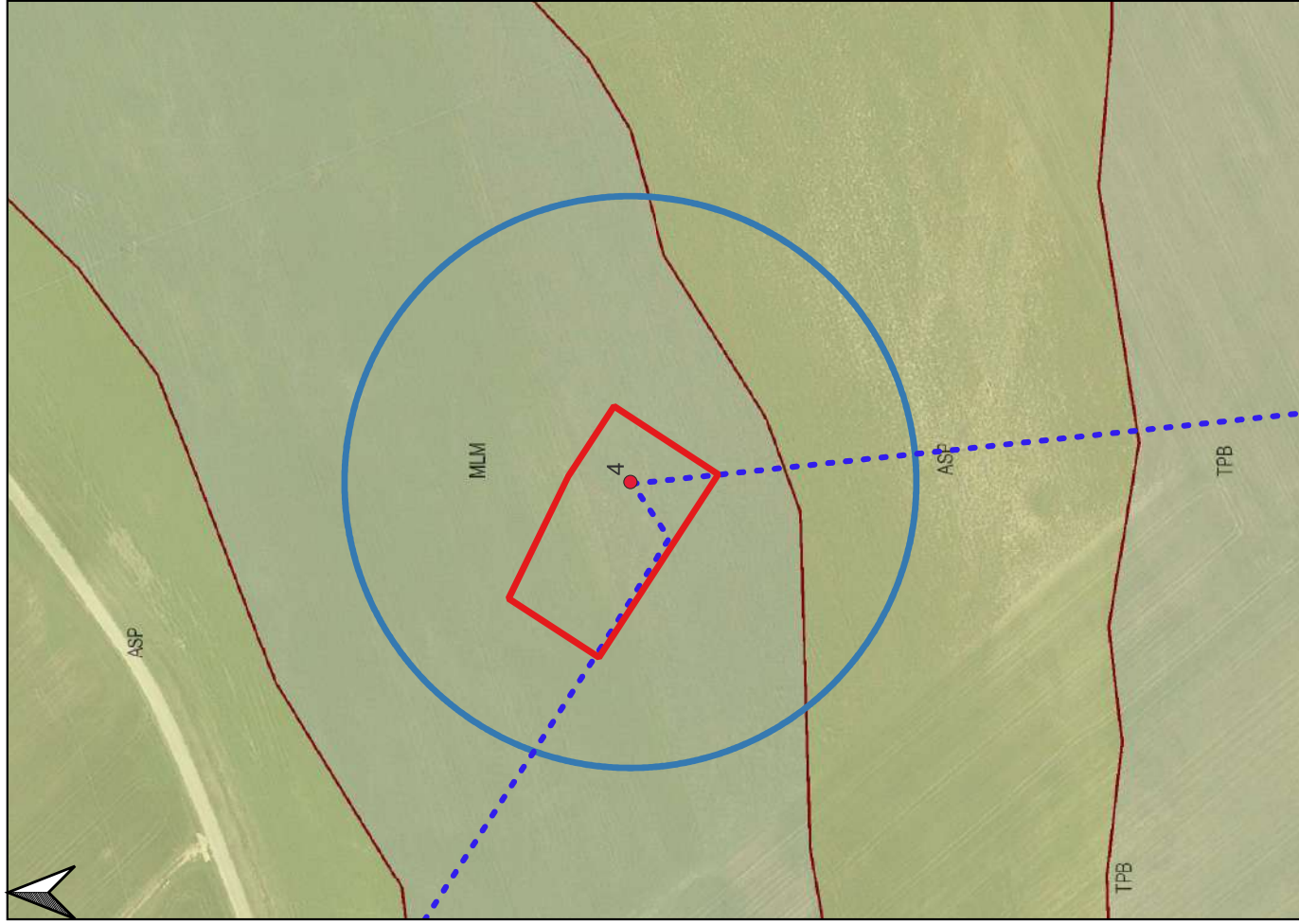


Figura 6.3: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica

0 25 50 m



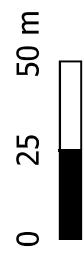


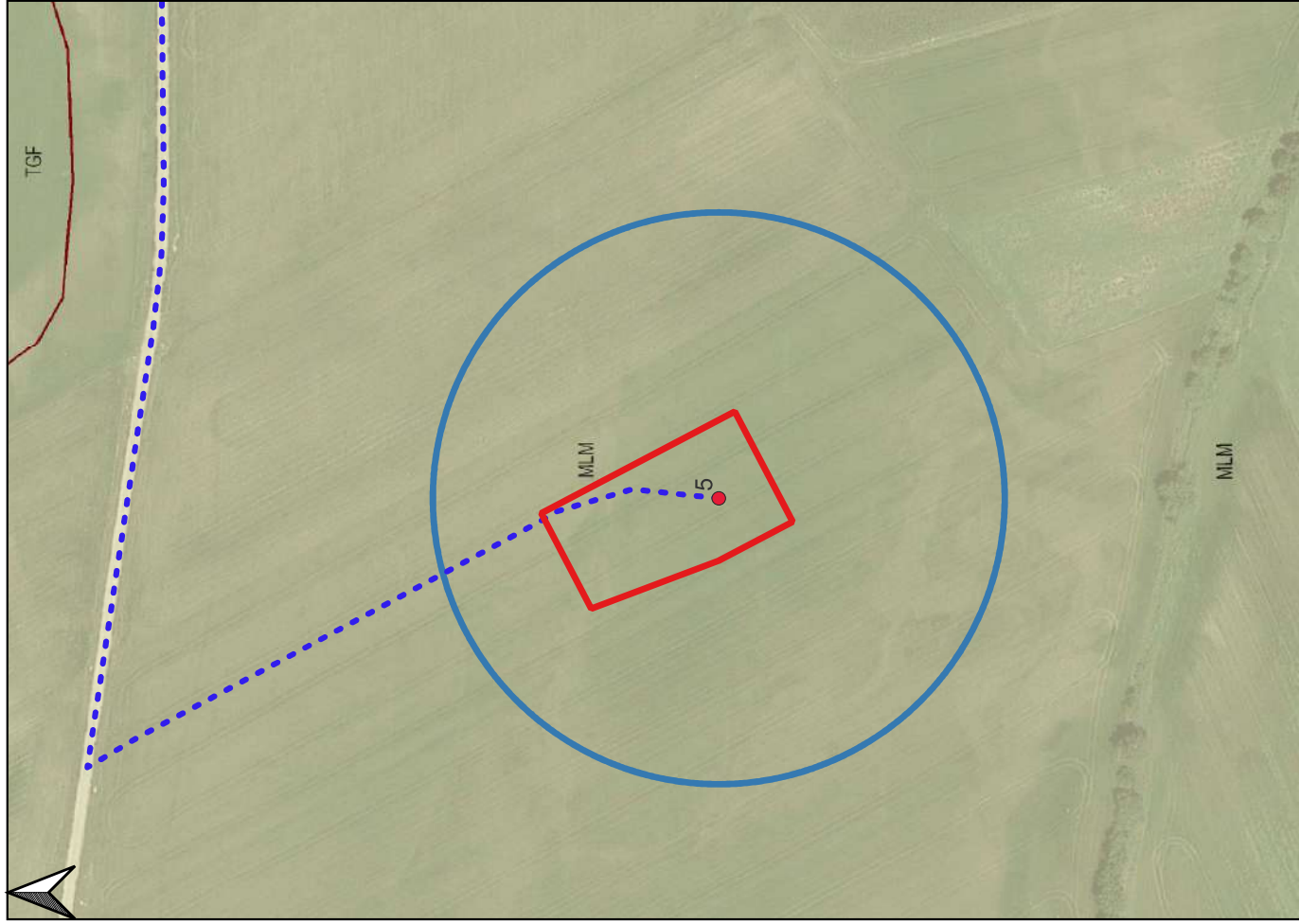
SINTEMA DI MASSERIA LA MOTTICELLA

Depositi alluvionali terrazzati di IV ordine: a monte ghiaie poligeniche, con blocchi fino a 0.7 m di diametro, disorganizzate, con abbondante matrice sabbiosa grossolana; verso valle, ghiaie discretamente organizzate, alternate a sabbie e limi sabbiosi giallastri. Spessore da 8 a 10 m.
PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE ?



Figura 6.4: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica





SINTEMA DI MASSERIA LA MOTTICELLA

Depositi alluvionali terrazzati di IV ordine: a monte ghiaie poligeniche, con blocchi fino a 0.7 m di diametro, disorganizzate, con abbondante matrice sabbiosa grossolana; verso valle, ghiaie discretamente organizzate, alternate a sabbie e limi sabbiosi giallastri. Spessore da 8 a 10 m.

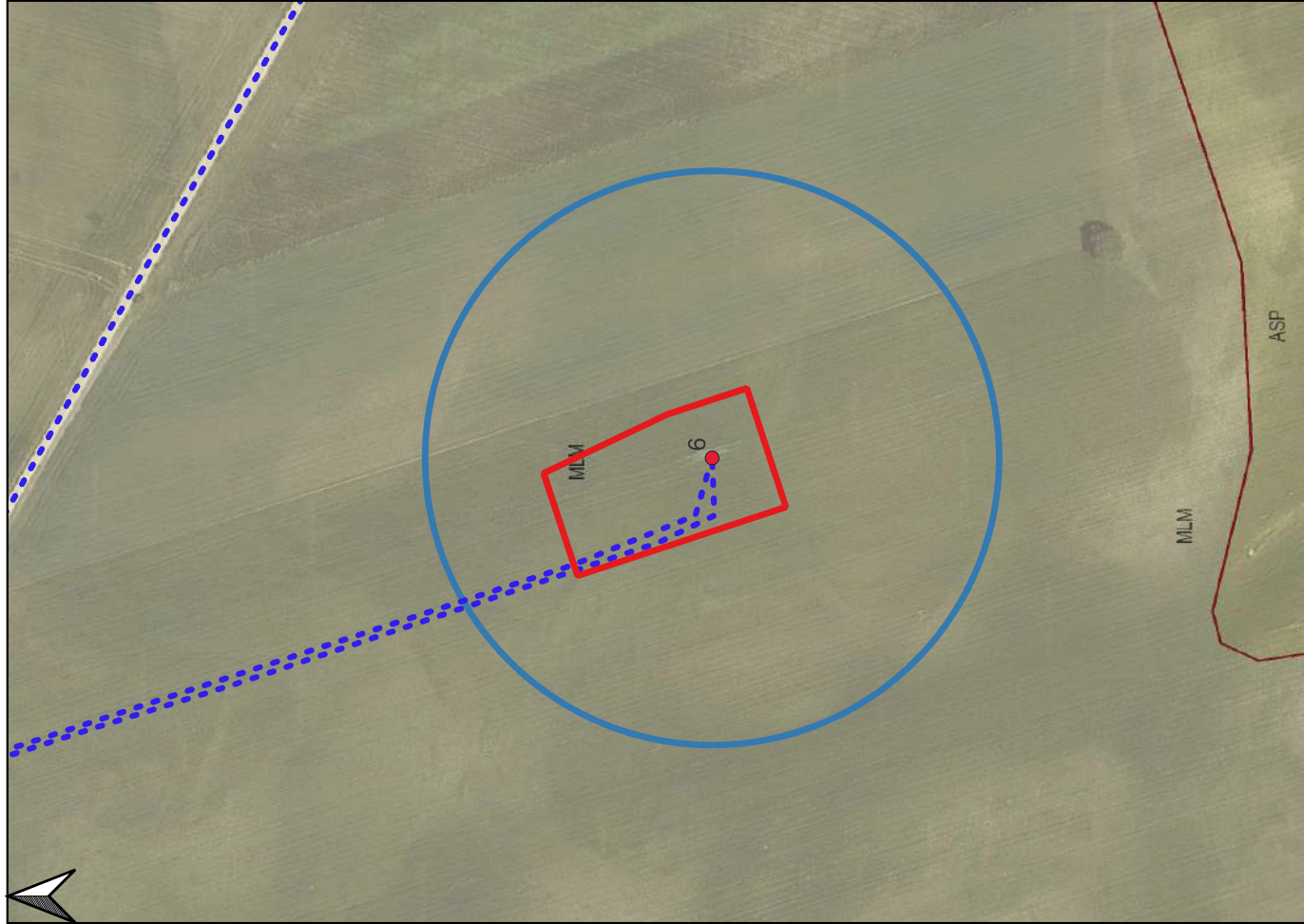
PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE ?



Figura 6.5: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica

0 25 50 m





SINTEMA DI MASSERIA LA MOTTICELLA

Depositi alluvionali terrazzati di IV ordine: a monte ghiaie poligeniche, con blocchi fino a 0.7 m di diametro, disorganizzate, con abbondante matrice sabbiosa grossolana; verso valle, ghiaie discretamente organizzate, alternate a sabbie e limi sabbiosi giallastri. Spessore da 8 a 10 m.

PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE ?



MLM

Figura 6.6: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica

0 25 50 m





ARGILLE SUBAPPENNINE

Alternanza di argille siltose e marne argillose grigie a cui si intercalano sottili strati di sabbia. Lo spessore degli strati varia da pochi cm ad oltre il metro. In affioramento lo spessore delle argille è dell'ordine di alcune centinaia di metri. La formazione è troncata da una netta superficie di erosione sulla quale poggiano discordanti i depositi alluvionali del Supersistema del Tavoliere di Puglia. Biozone a foraminiferi planctonici: *Globorotalia crassaformis* e *Globorotalia inflata* di SPAAK (1983), biozone a foraminiferi bentonici: *Anomalinooides helvicinus*, *Bulimina marginata* e *Bulimina elegans marginata* di COLALONGO & SARTONI (1979), biozone a nannofossili calcarei; dalla Zona MNN16b/17 alla MNN19a di RIO et al. (1990).

PIACENZIANO - GELASIANO

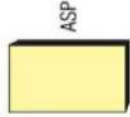
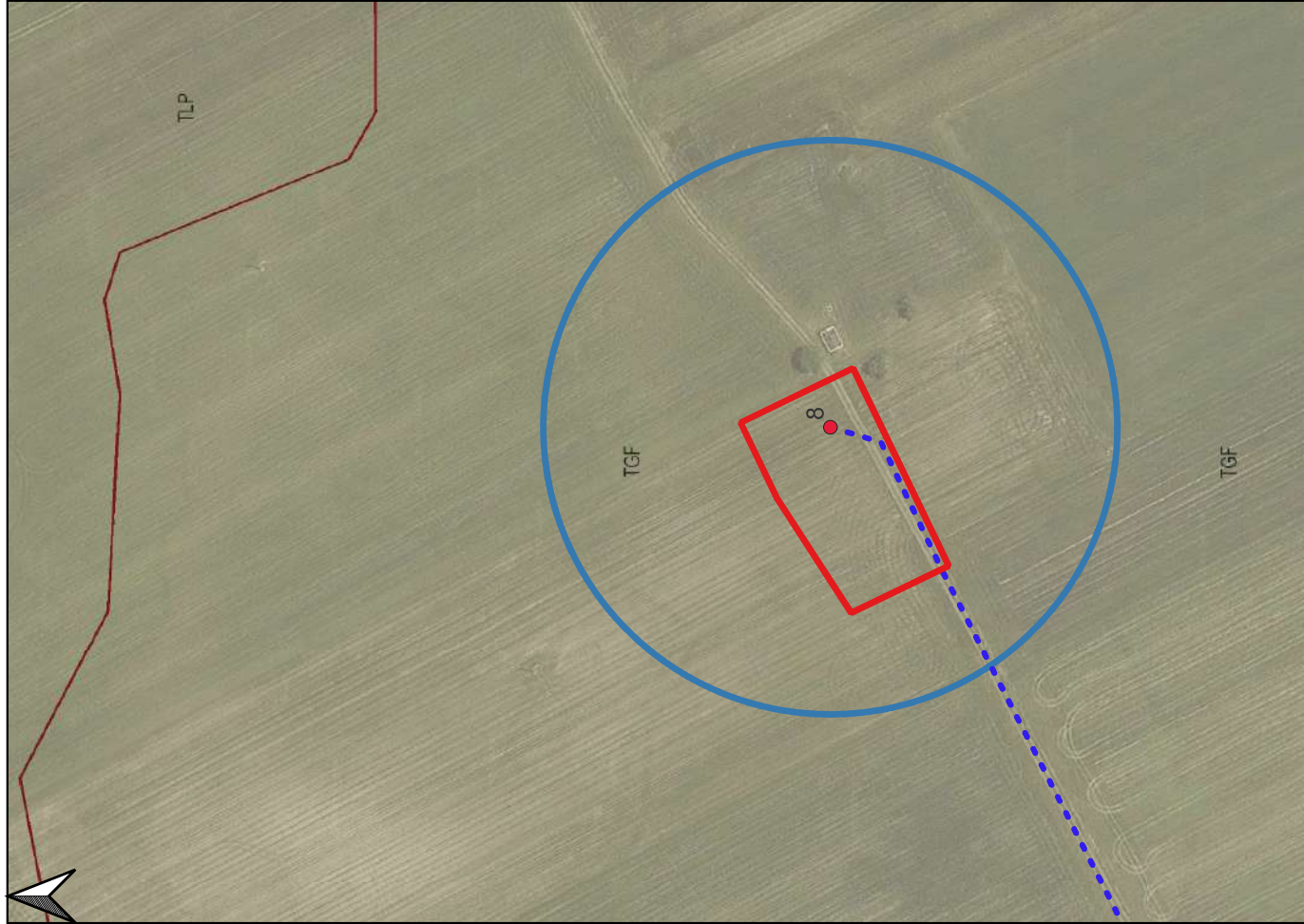


Figura 6.7: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica





SINTEMA DI FOGGIA

Depositi alluvionali terrazzati del V ordine: a monte depositi ciottolosi grossolani granulo sostenuti, con scarso grado di organizzazione; verso valle alternanza di livelli sabbiosi e siltoso argillosi grigi scuri e di orizzonti (spessi fino ad 1 m) di ghiale poligeniche granulo sostenute discretamente organizzate ed embriciate. Spessore da 5 a 8 m.
PLEISTOCENE SUPERIORE

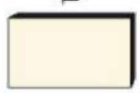


Figura 6.8: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica





SINTEMA DI FOGGIA

Depositi alluvionali terrazzati del V ordine: a monte depositi ciottolosi grossolani granulo sostenuti, con scarso grado di organizzazione; verso valle alternanza di livelli sabbiosi e siltoso argillosi grigi scuri e di orizzonti (spessi fino ad 1 m) di ghiale poligeniche granulo sostenute discretamente organizzate ed embriicate. Spessore da 5 a 8 m.
PLEISTOCENE SUPERIORE



TGF

Figura 6.9: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio, sia dall'interpolazione con la Carta Geologica scala 1:50000, che dai risultati della campagna geognostica

0 25 50 m



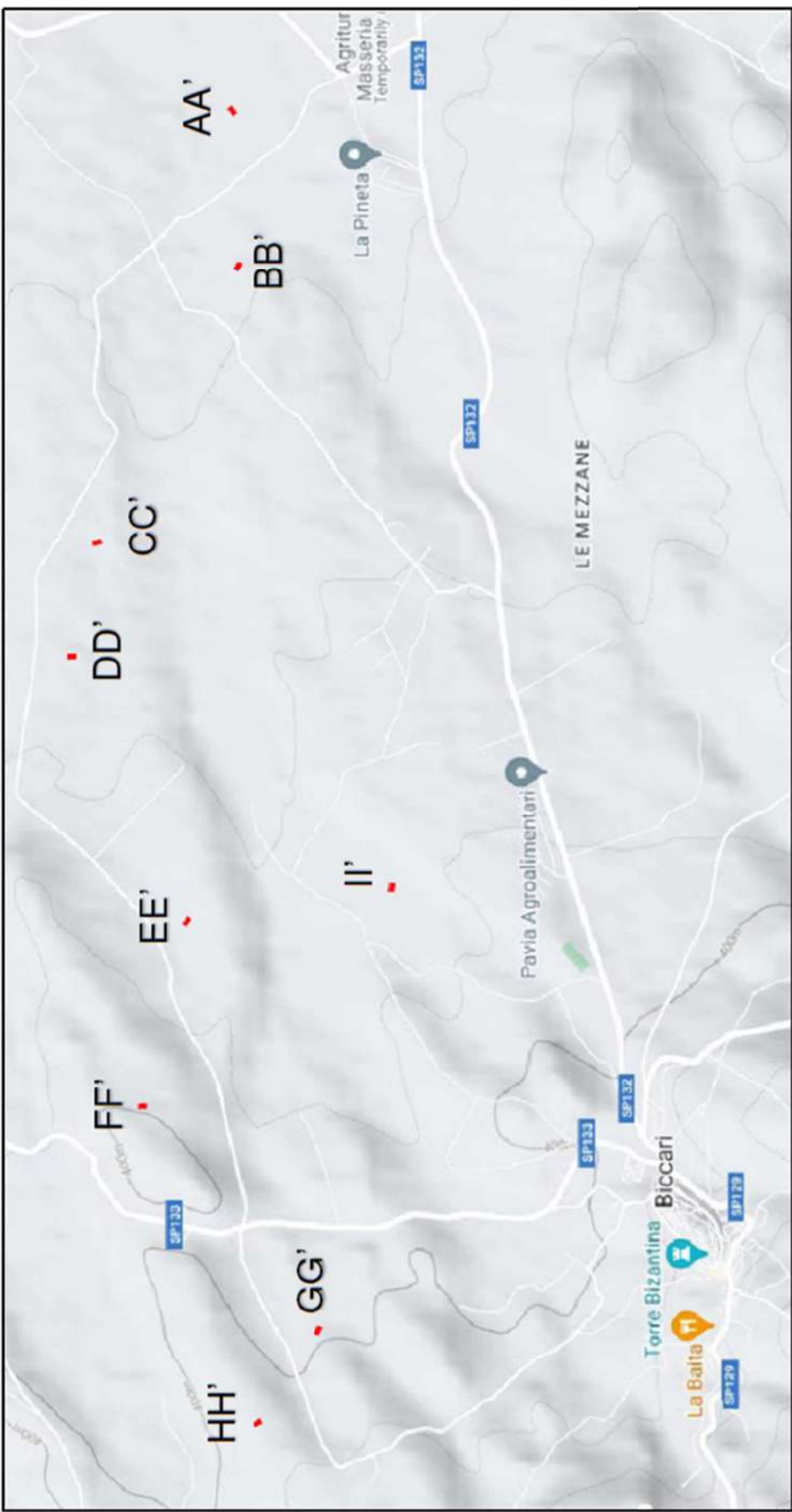


Figura 7: ubicazione delle indagini sismiche AA', ..., II' su stralcio cartografico fonte Google Earth

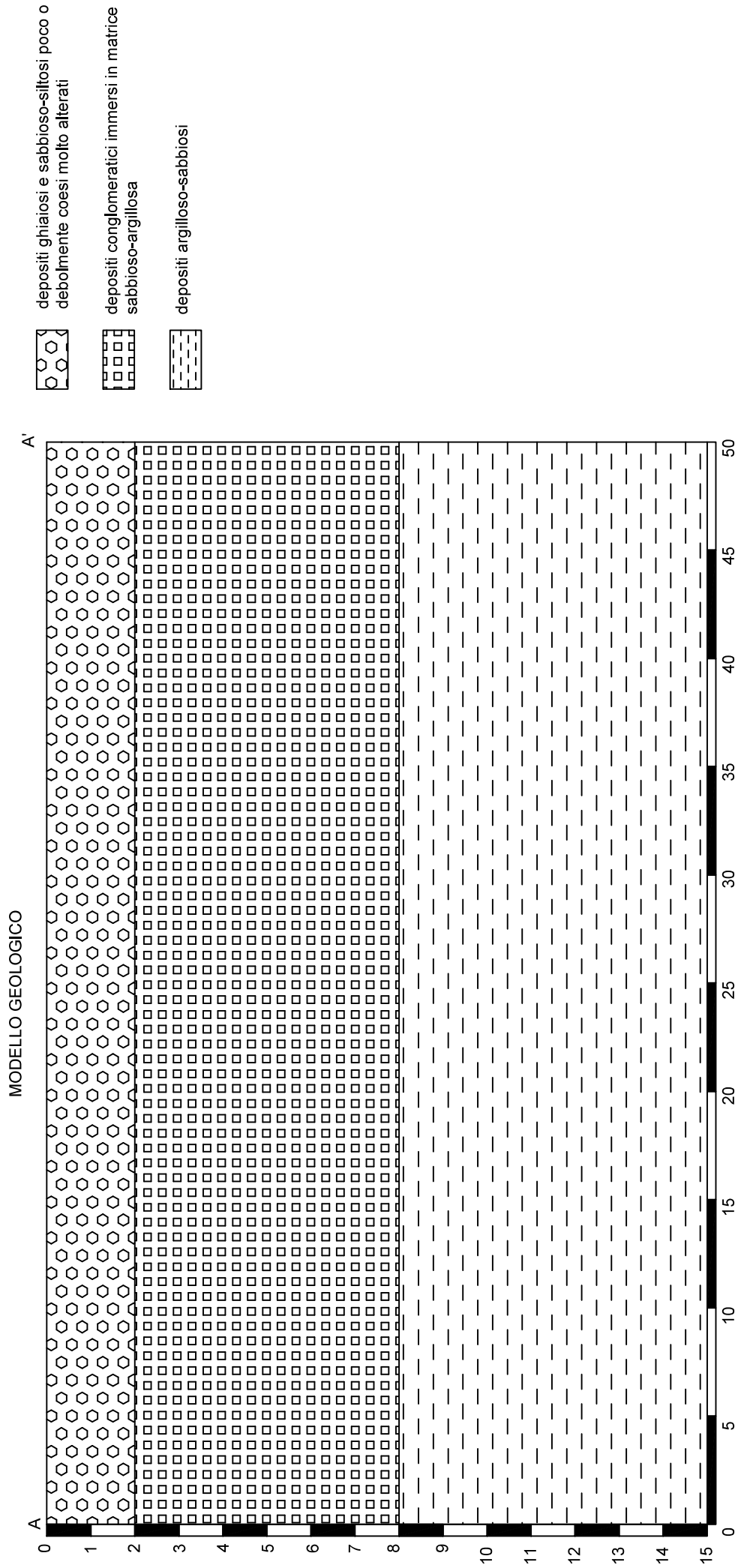


Figura 8: modello geologico di riferimento

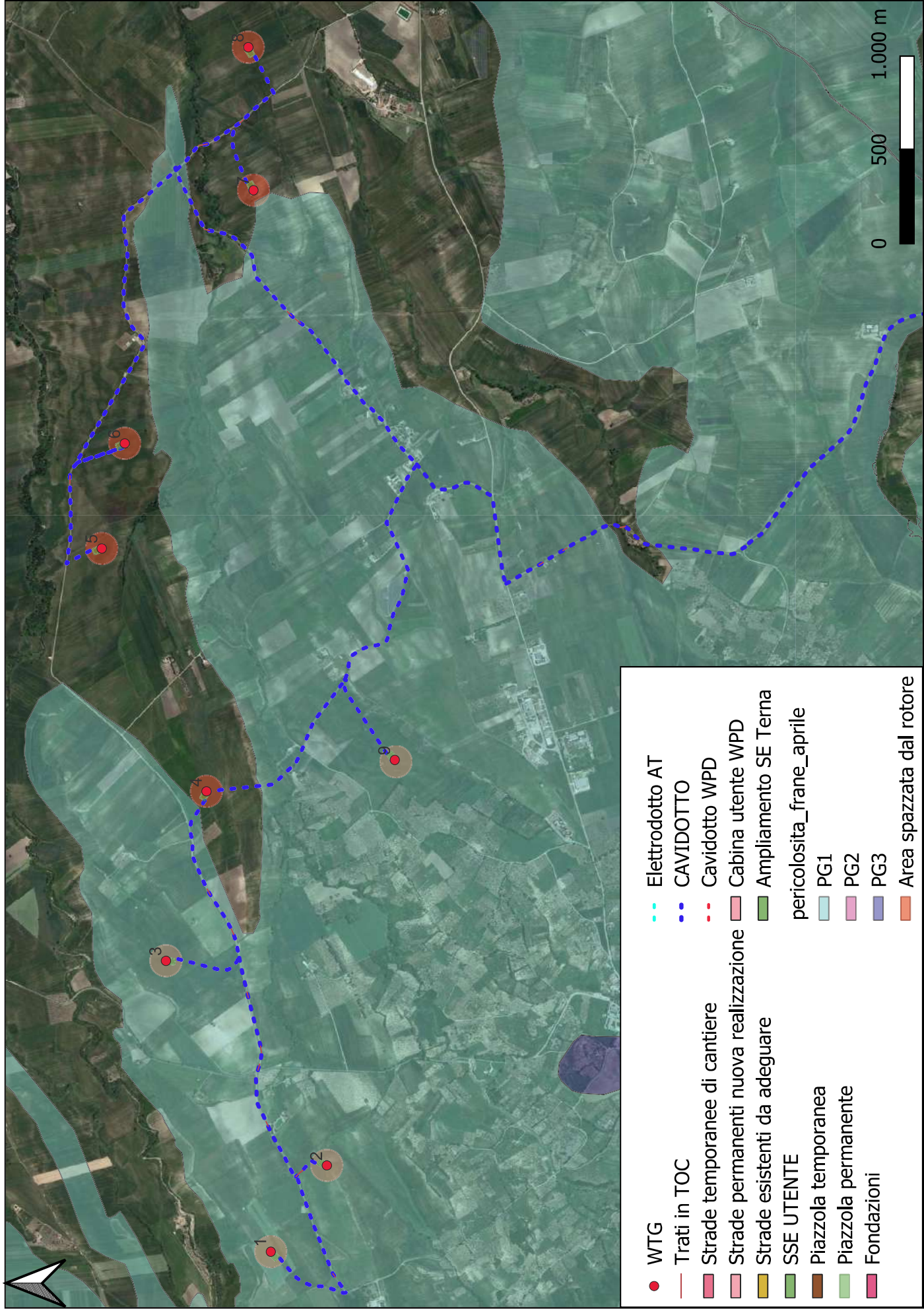


Figura 9.1: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PAI pericolosità geomorfologica della Regione Puglia scala 1:25000

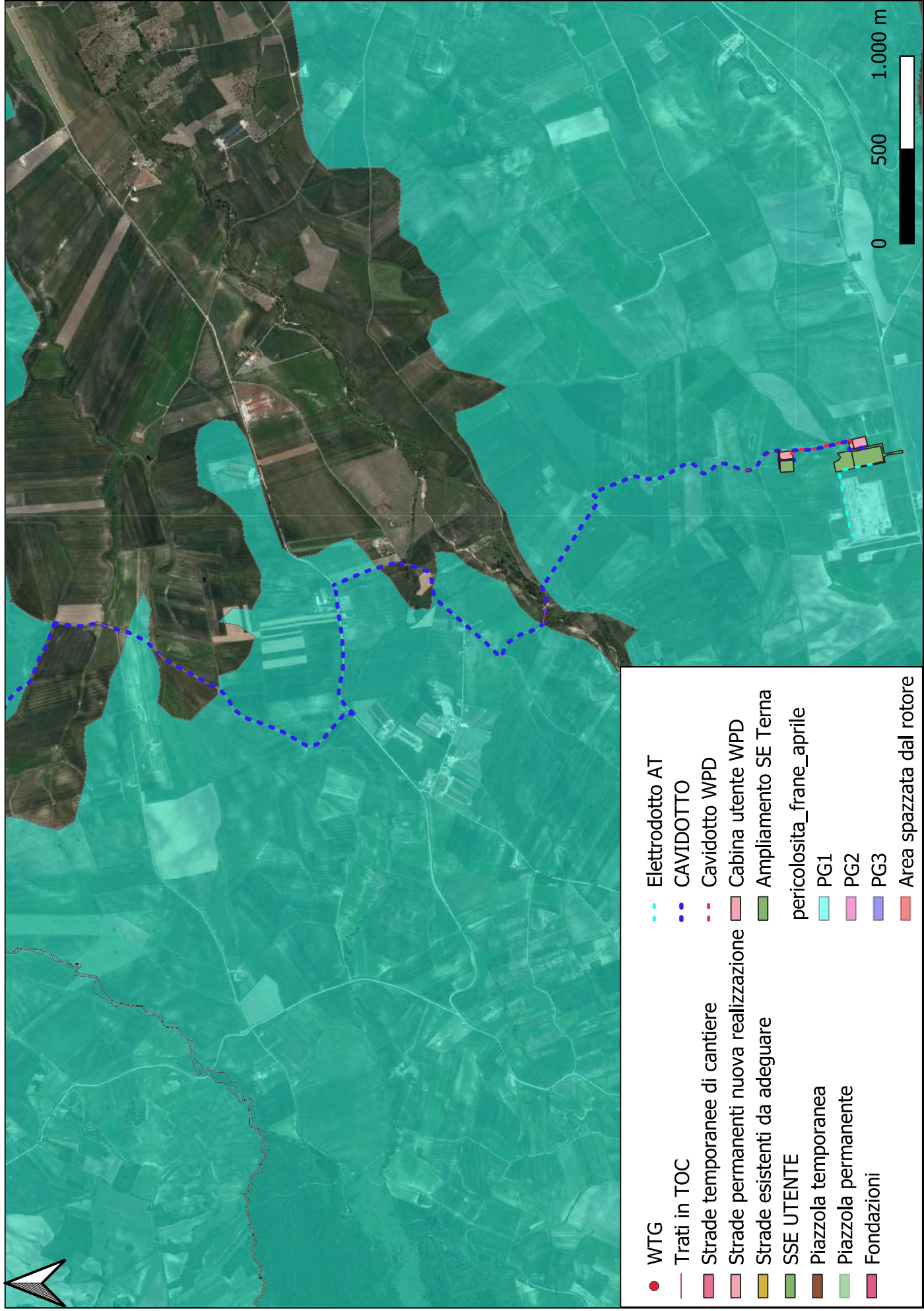


Figura 9.2: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PAI pericolosità geomorfologica della Regione Puglia scala 1:25000

Allegato 1

**Indagini sismiche a rifrazione e MASW per la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione
per l'installazione di aerogeneratori**



GEOMONITEK SRL

INDAGINI GEOFISICHE E IDROGEOLOGICHE
MONITORAGGIO STRUTTURALE E GEOMECCANICO

COMUNE DI BICCARI

PROVINCIA DI FOGGIA

Elaborato

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE

REDATTO

VERIFICATO

REVISIONE

GEOL. DE GIORGIO

GEOL. GIGANTE

A

COMMITTENTE:

GEOL. RAFFAELE SASSONE

GEOMONITEK SRL

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

EMISSIONE

CODICE ELABORATO

CODICE ARCHIVIAZIONE FILE

14.12.2022

GMT_RGF021_141222

GMT_RGF021_141222.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.....	3
2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	4
2.1 IL METODO DELLA SISMICA A RIFRAZIONE.....	4
2.2 METODO M.A.S.W.	4
2.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
3. ATTIVITÀ DI CAMPO	6
4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE.....	7
4.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	7
4.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	10
4.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	13
4.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI	16
4.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI	19
4.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI	22
4.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI	25
4.8 STENDIMENTO SISMICO HH': INTERPRETAZIONE DEI DATI	28
4.9 STENDIMENTO SISMICO II': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	30
5. ANALISI MASW	32
5.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	32
5.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	35
5.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	38
5.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI	41
5.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI	44
5.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI	47
5.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI	50
5.8 STENDIMENTO SISMICO HH': INTERPRETAZIONE DEI DATI	53
5.9 STENDIMENTO SISMICO II': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	56
6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE	59
6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO AA'.....	60
6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO BB'.....	61
6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO CC'.....	62
6.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO DD'.....	63
6.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO EE'.....	64
6.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO FF'.....	65
6.7 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO GG'.....	66
6.8 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO HH'.....	67
6.9 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO II'	68
7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	69
STENDIMENTO SISMICO AA'	69
STENDIMENTO SISMICO BB'.....	69
STENDIMENTO SISMICO CC'	69
STENDIMENTO SISMICO DD'.....	69
STENDIMENTO SISMICO EE'.....	70
STENDIMENTO SISMICO FF'	70

STENDIMENTO SISMICO GG'	70
STENDIMENTO SISMICO HH'	70
STENDIMENTO SISMICO II'	70
8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	71

1. PREMESSA

Il presente report riferisce sulle risultanze di indagini geognostiche di tipo indiretto condotte nel territorio comunale di Biccari Provincia di Foggia in data 12-13/12/2022 e finalizzate alla caratterizzazione geofisica del sottosuolo.

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

L'indagine in loco è consistita nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n.9 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'-HH'-II'), ubicati come da corografia (Fig.1) e planimetrie inserite in relazione, con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n.9 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.09 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'-HH'-II') e nell'esecuzione di n.09 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).



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 – 15.260320 41.417372 A' – 15.260120 41.417268

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



Fig. 2 – Ubicazione dello stendimento sismico AA' su CTR della Regione Puglia

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).

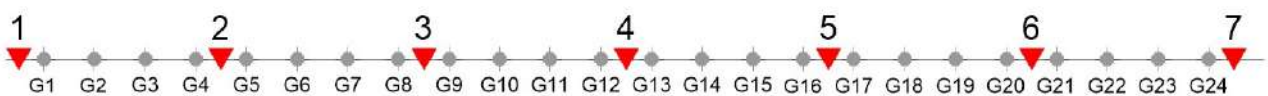


Fig.3 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione AA'

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).

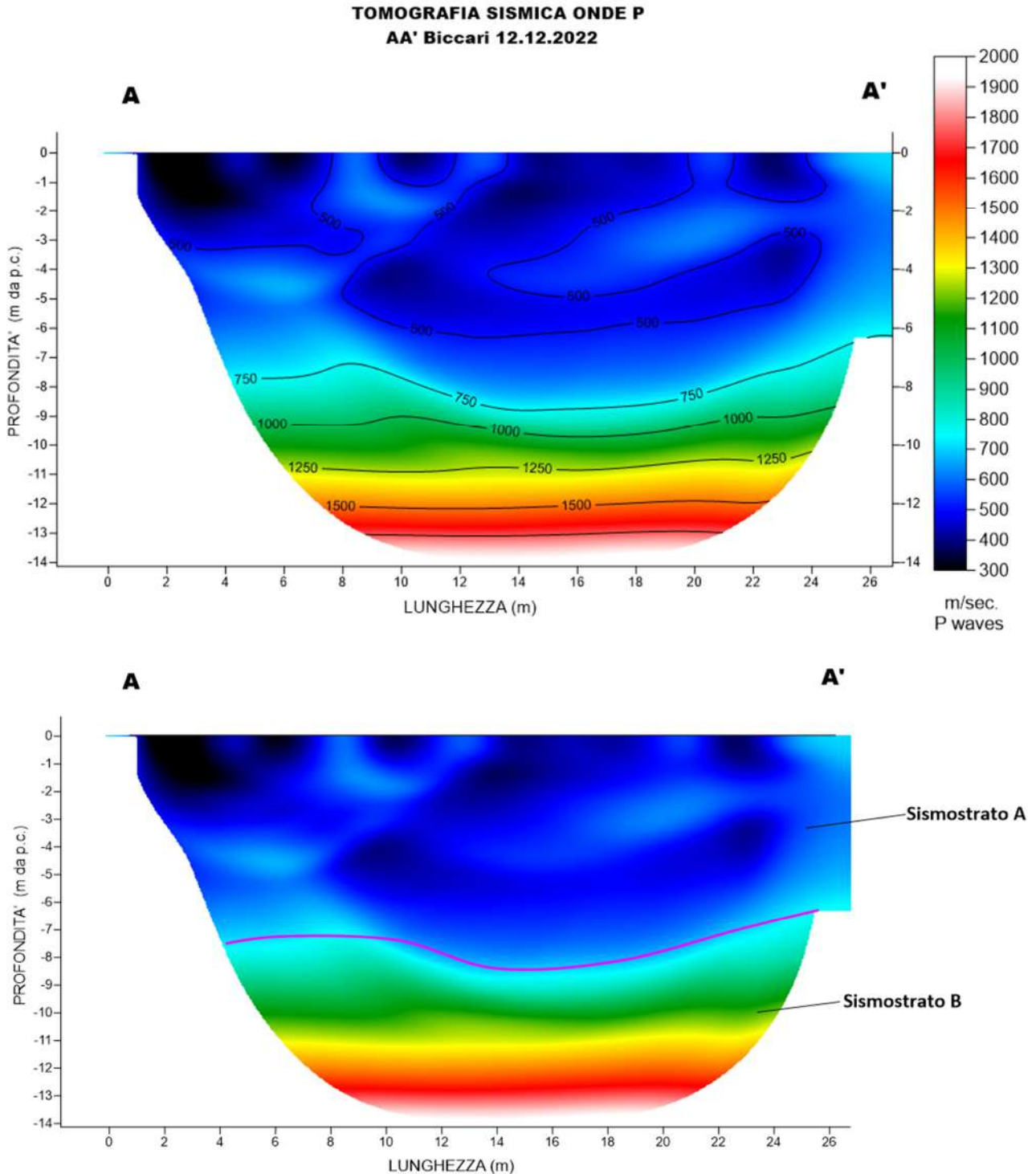


Fig. 4 – Sezione tomografica del profilo AA' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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 7-8 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 2000 m/s alle profondità indagate, ossia circa 14 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A a depositi marini terrazzati costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli eterometrici a cui si intercalano livelli sabbiosi mentre i sedimenti del sismostrato B, sono riferibili all'unità delle Argille subappennine, costituita da argille marnose e siltose.

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 SW/NSE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

B – 15.250997 41.417140 B' - 15.251214 41.417050

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

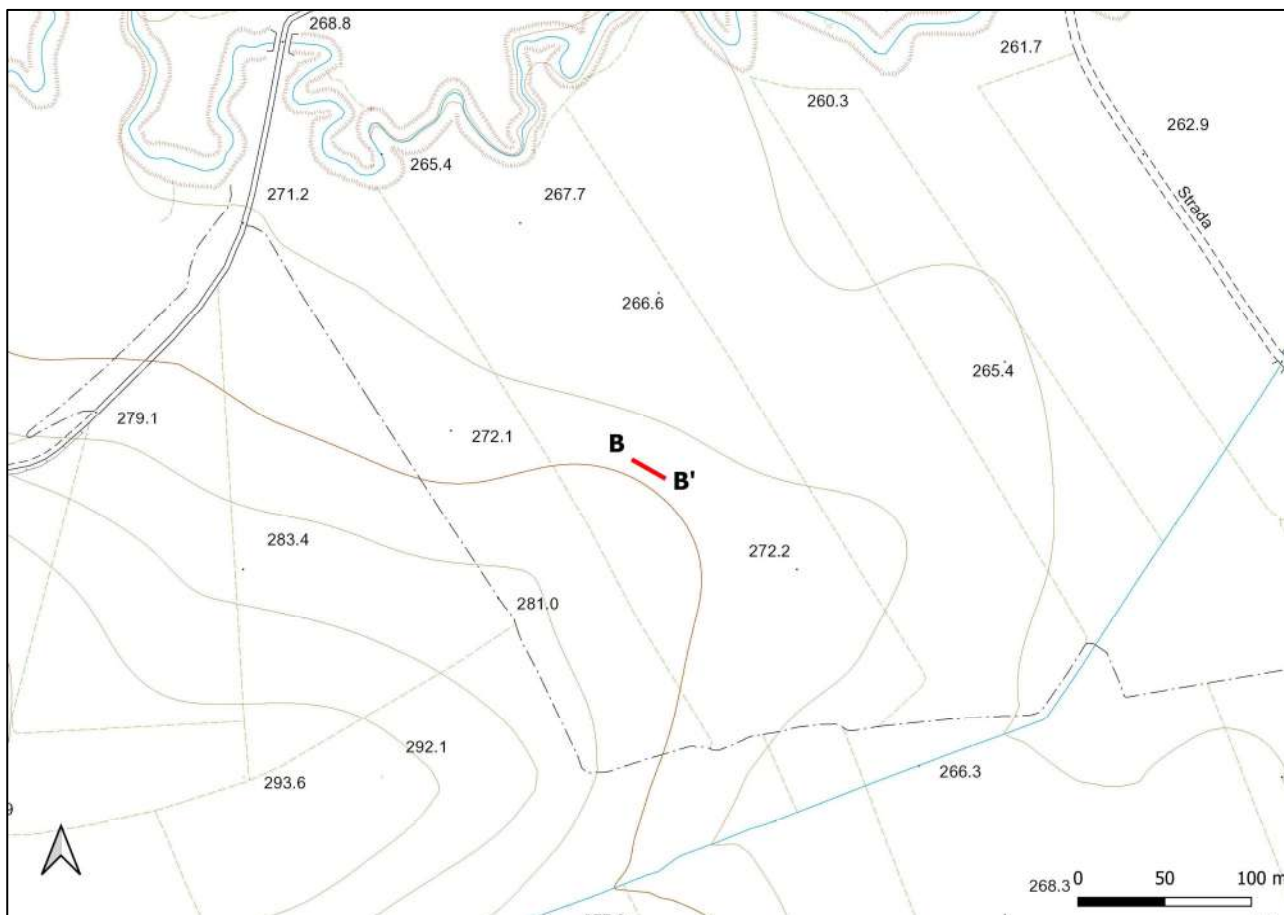


Fig. 5 – Ubicazione dello stendimento sismico BB' su CTR della Regione Puglia

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).

TOMOGRAFIA SISMICA ONDE P
BB' Biccari 12.12.2022

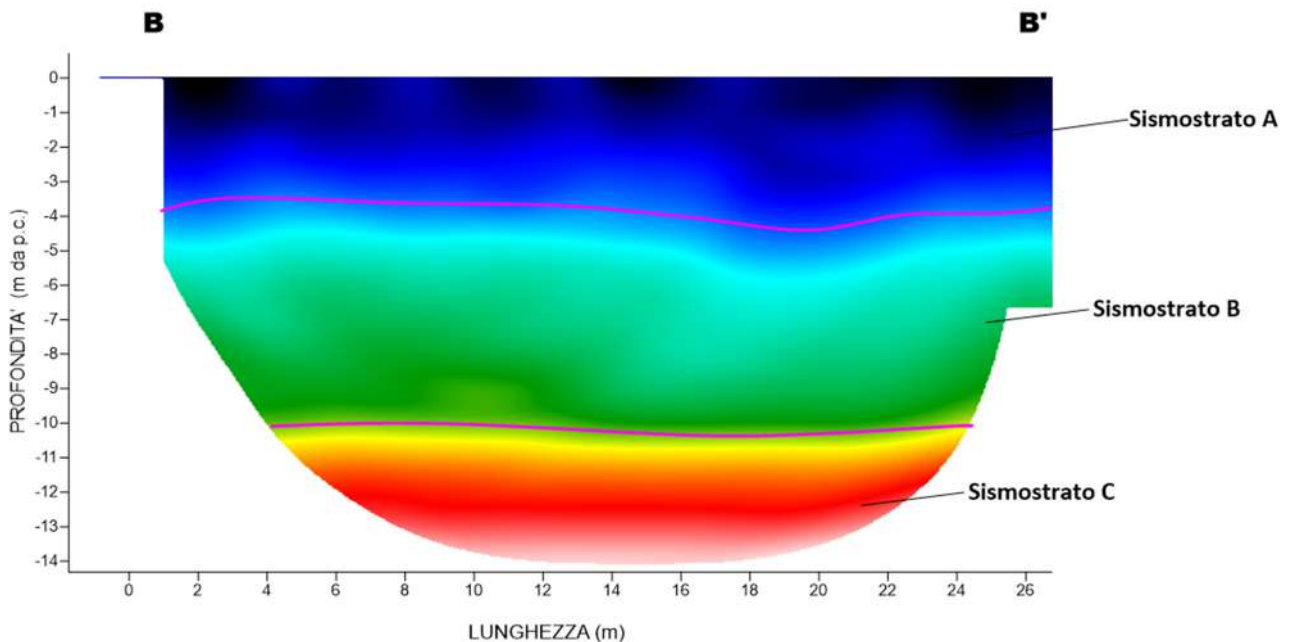
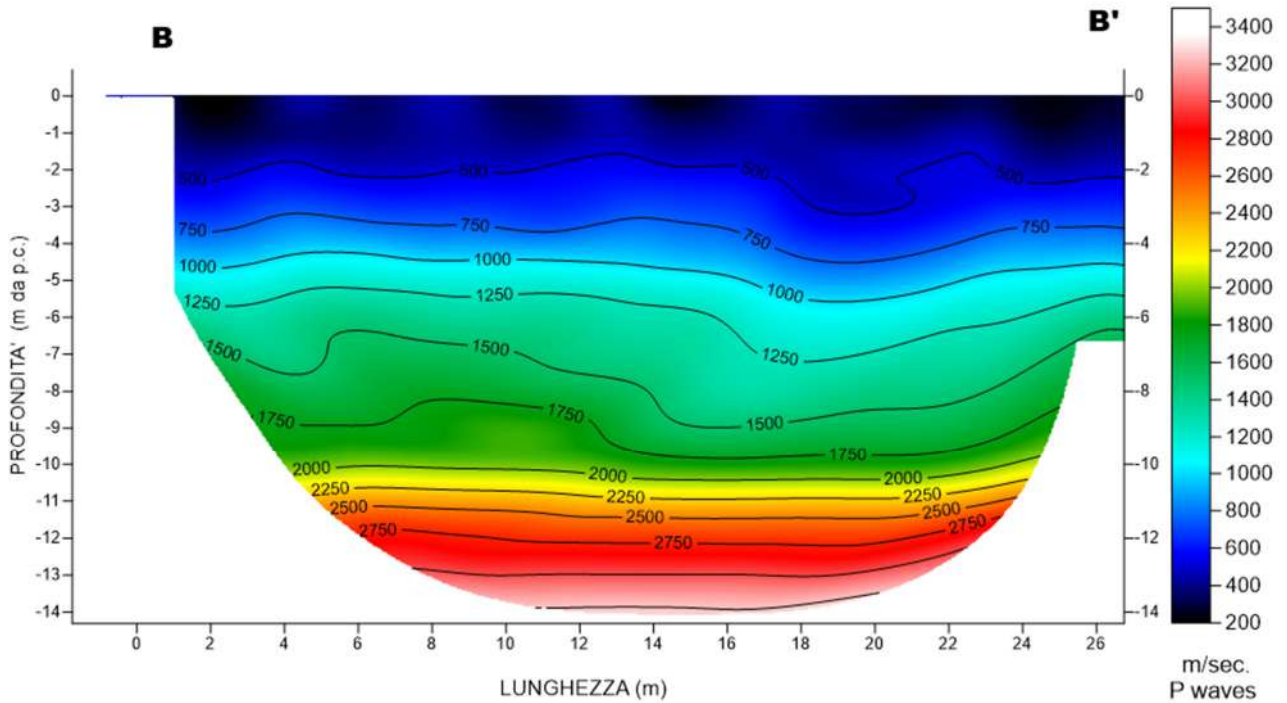


Fig. 7 – Sezione tomografica del profilo BB' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 4 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 m/s, che crescono in modo uniforme e continuo fino a raggiungere una profondità di circa 10 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 i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

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 NW/SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

C – 15.234946 – 41.423393 C' – 15.235003 – 41.423220

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

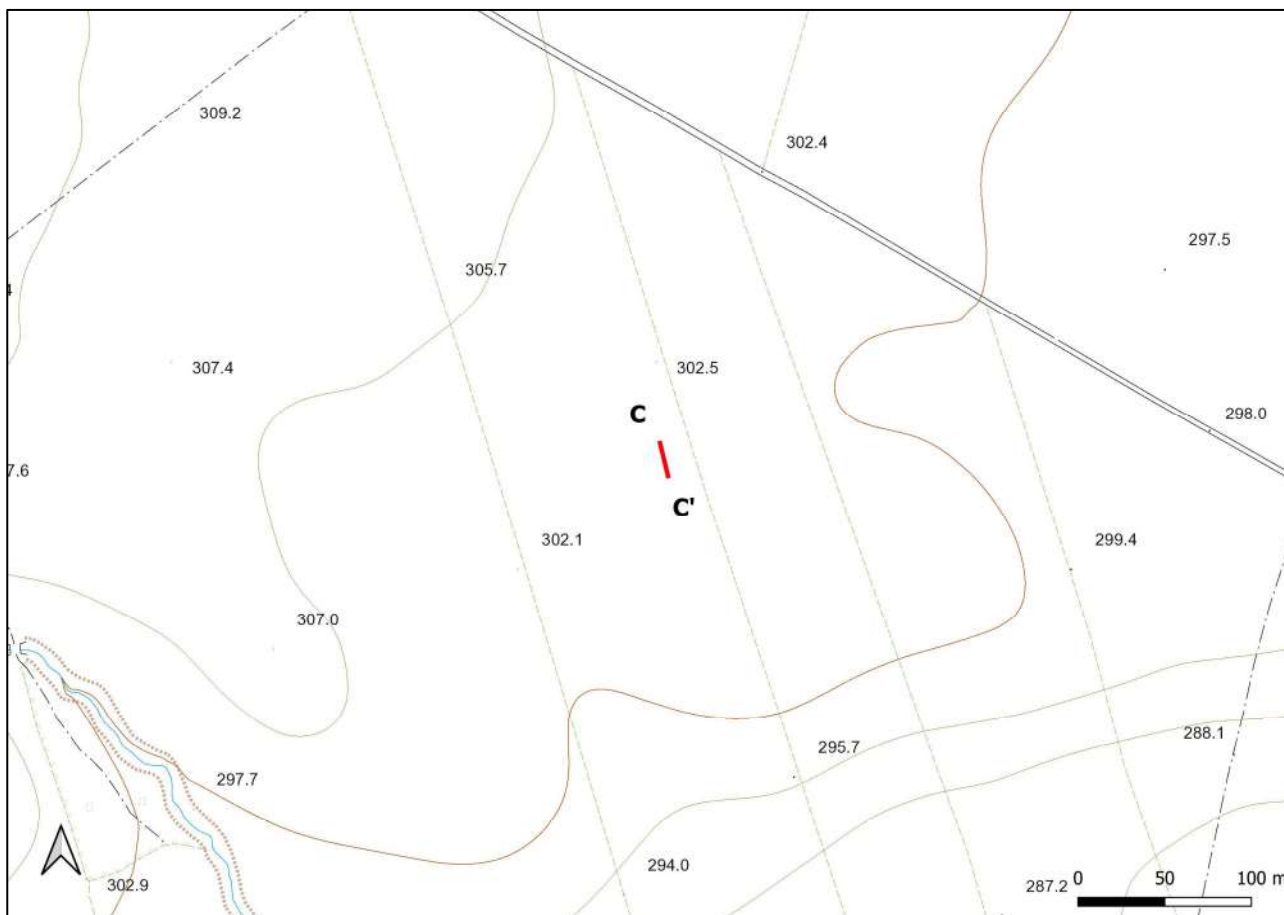


Fig. 8 – Ubicazione dello stendimento sismico CC' su CTR della Regione Puglia

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).

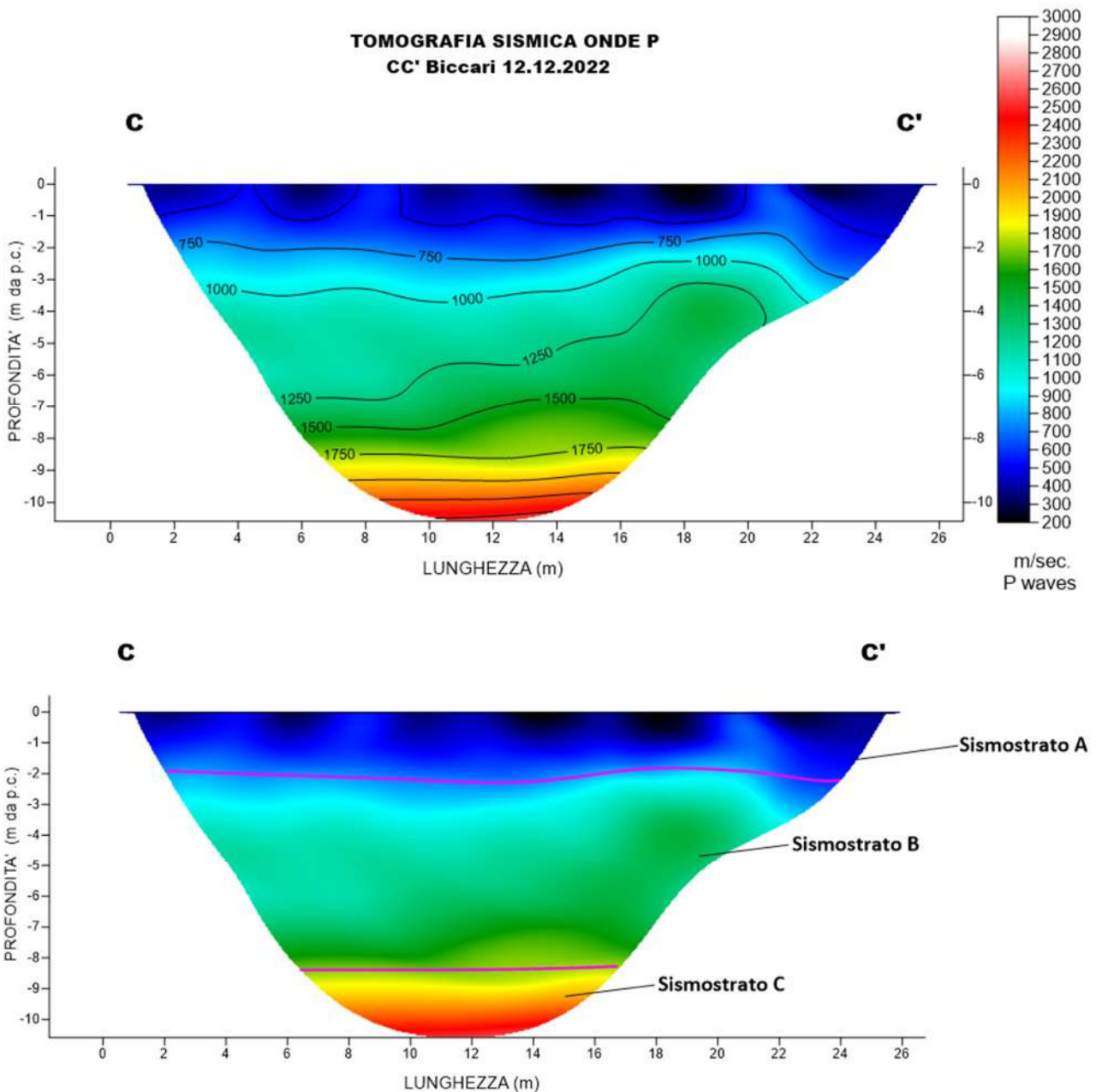


Fig. 10 – Sezione tomografica del profilo CC' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 1750 m/s, che crescono in modo uniforme e continuo fino a raggiungere una profondità di circa 8 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 10 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

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 S/N e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

D – 15.228295 41.424342 D' – 15.228287 41.424508

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

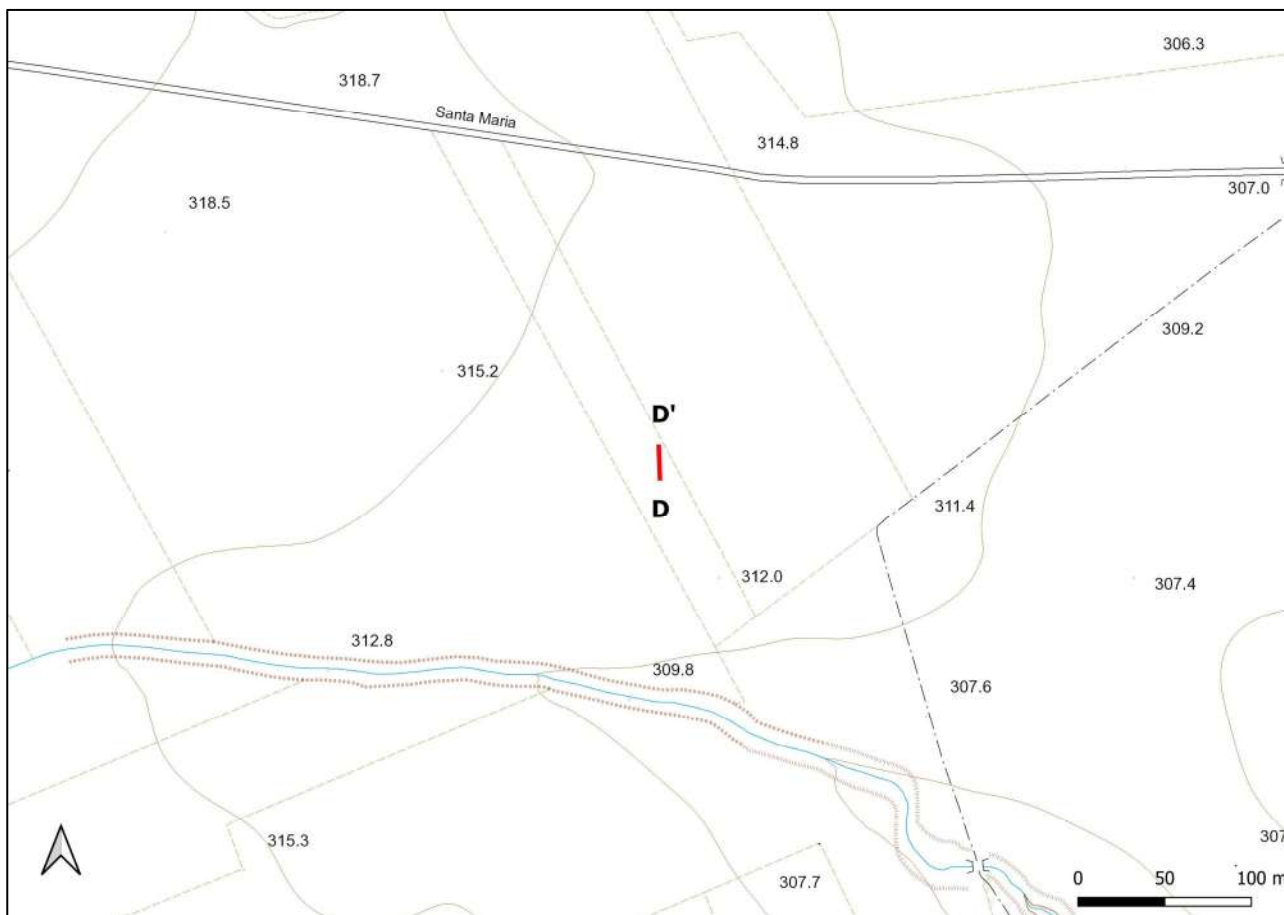


Fig. 12 – Ubicazione dello stendimento sismico DD' su CTR della Regione Puglia

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).

TOMOGRAFIA SISMICA ONDE P
DD' Biccari 12.12.2022

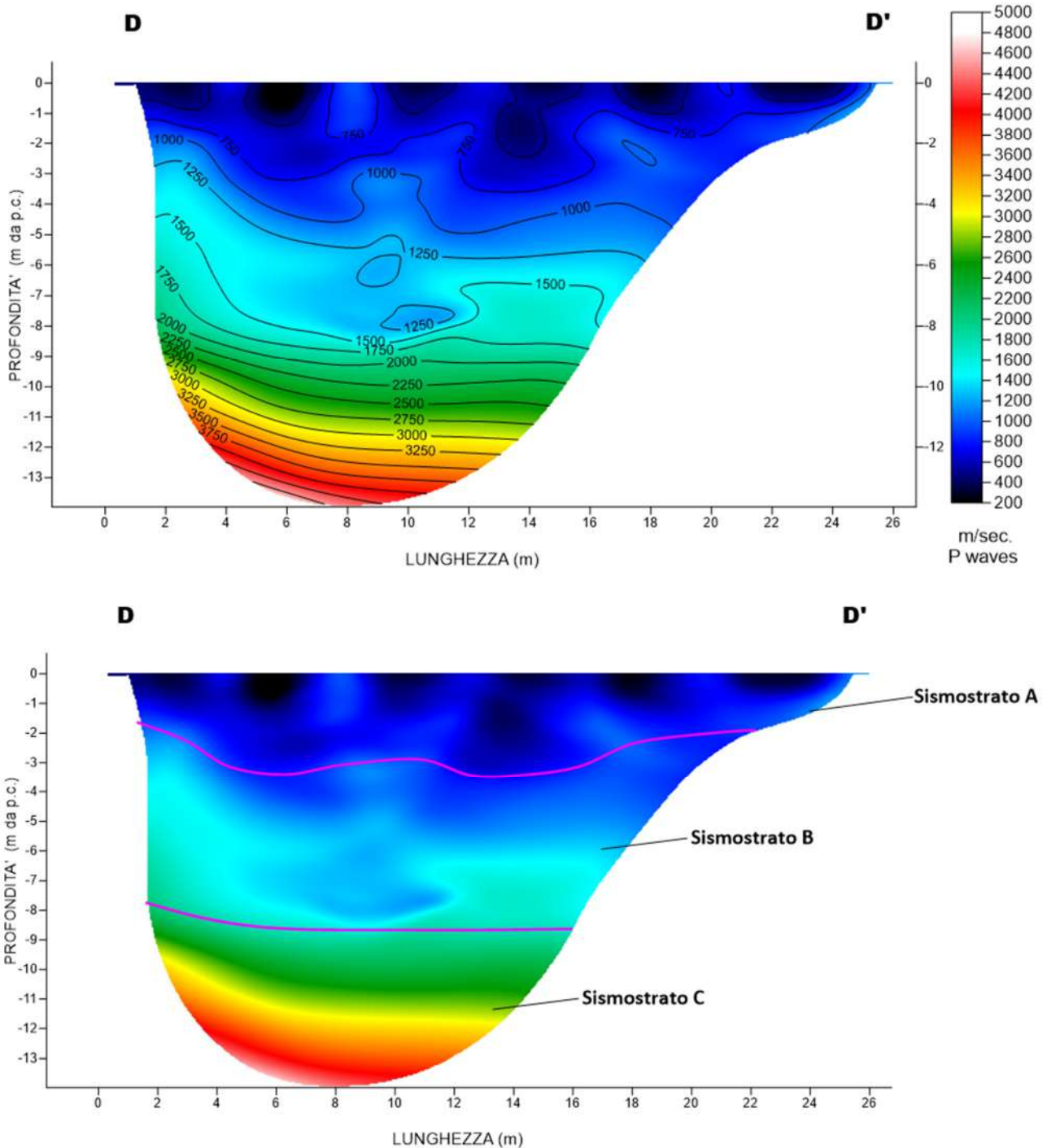


Fig. 14 – Sezione tomografica del profilo DD' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2/3 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 8 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 i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

In corrispondenza del Sismostrato B, l'andamento ondulato delle velocità sismiche permette di ipotizzare la presenza di variazioni granulometriche e di coesione che implicano la presenza di anisotropie laterali di facies litologiche.

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 SE/NW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

E – 15.2128469 41.4193758 E' - 15.2126870 41.4194809

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

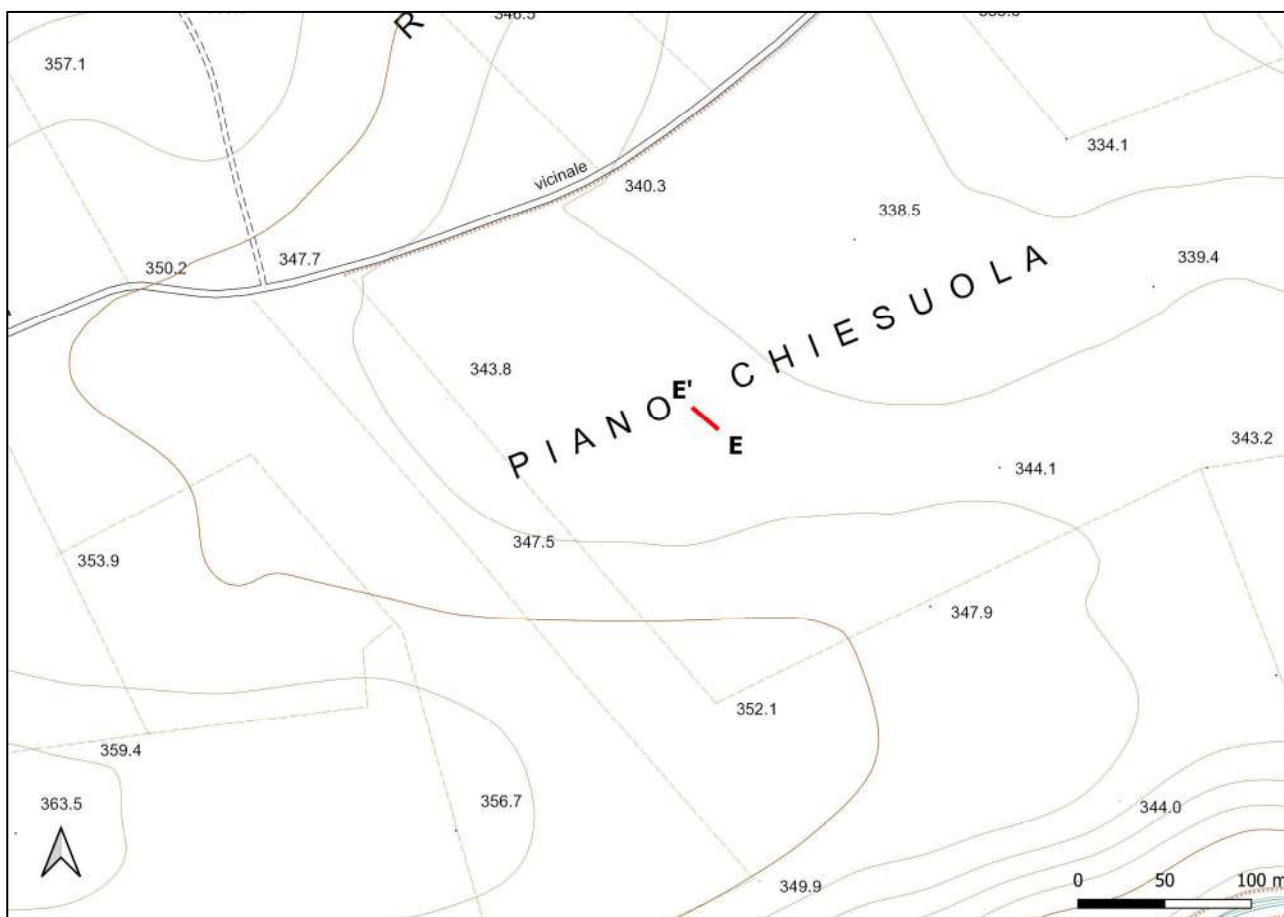


Fig. 15 – Ubicazione dello stendimento sismico EE' su CTR della Regione Puglia

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).

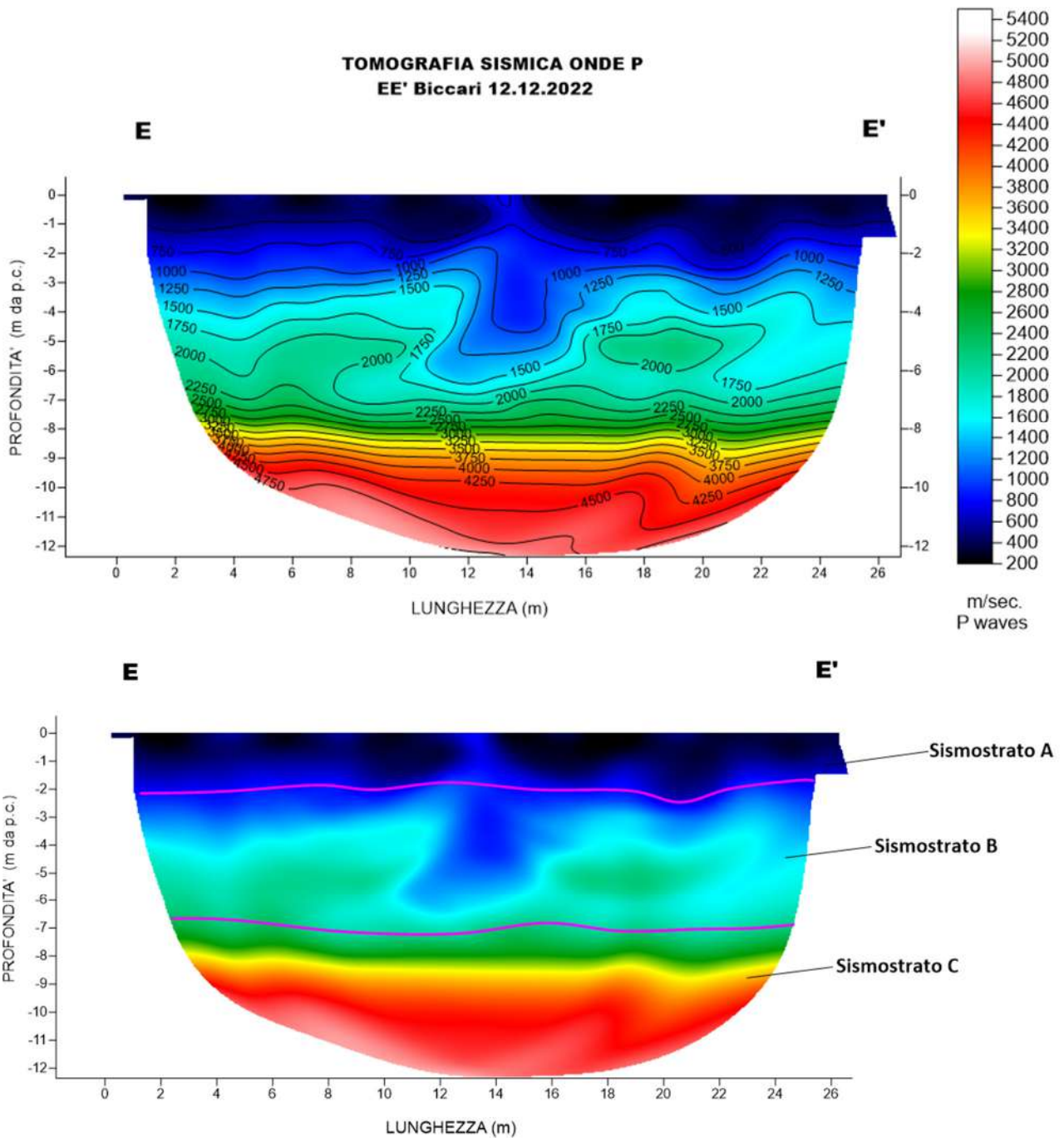


Fig. 17 – Sezione tomografica del profilo EE' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da

velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 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 12 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

In corrispondenza del Sismostrato B, l'andamento ondulato delle velocità sismiche permette di ipotizzare la presenza di variazioni granulometriche e di coesione che implicano la presenza di anisotropie laterali di facies litologiche.

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 S/N e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

F – 15.201968 41.421310 F' – 15.201986 41.421476

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

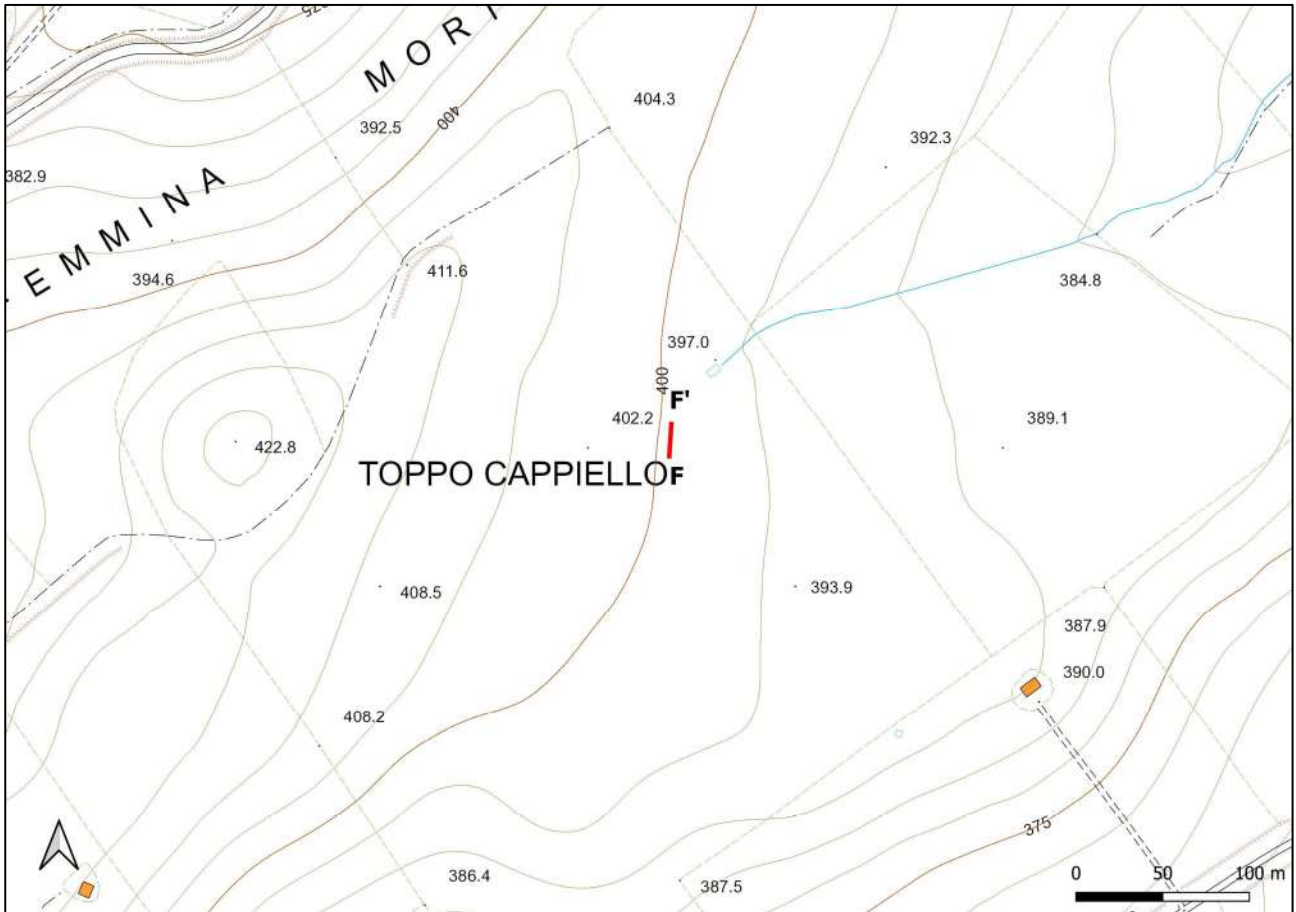


Fig. 18 – Ubicazione dello stendimento sismico FF' su CTR della Regione Puglia

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).

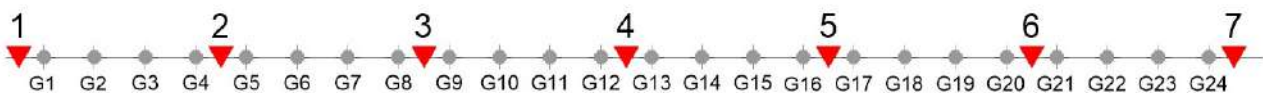


Fig.19 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione FF'

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).

TOMOGRFIA SISMICA ONDE P
FF' Biccari 12.12.2022

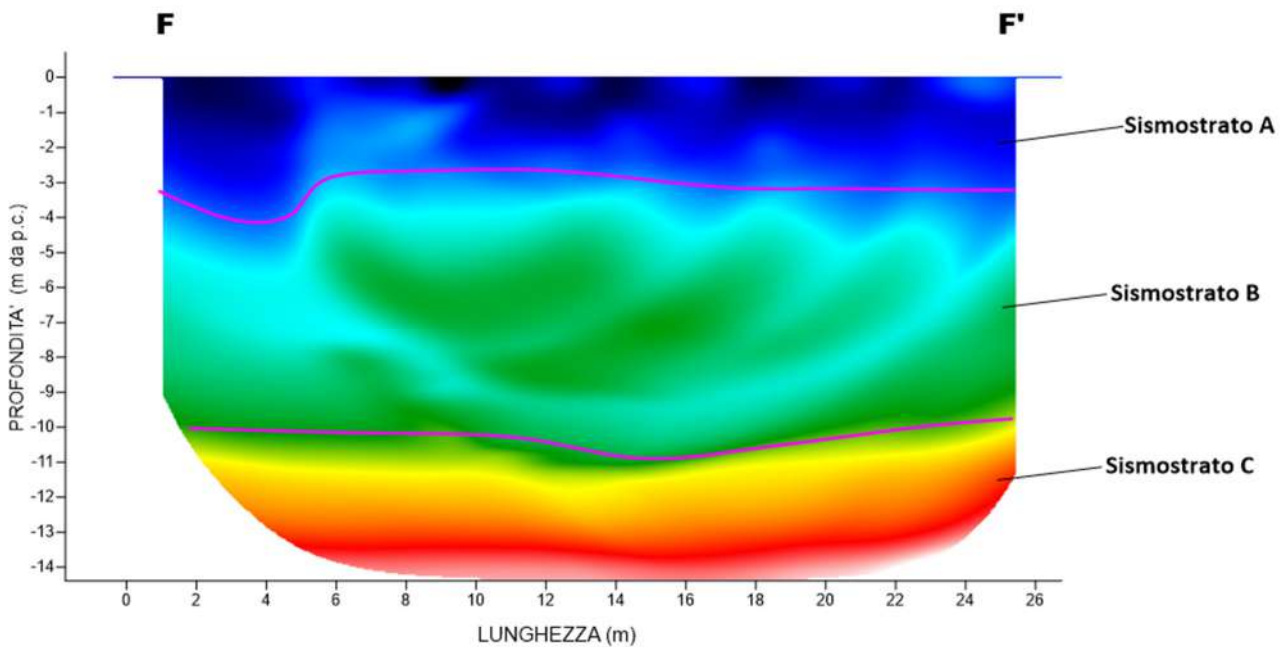
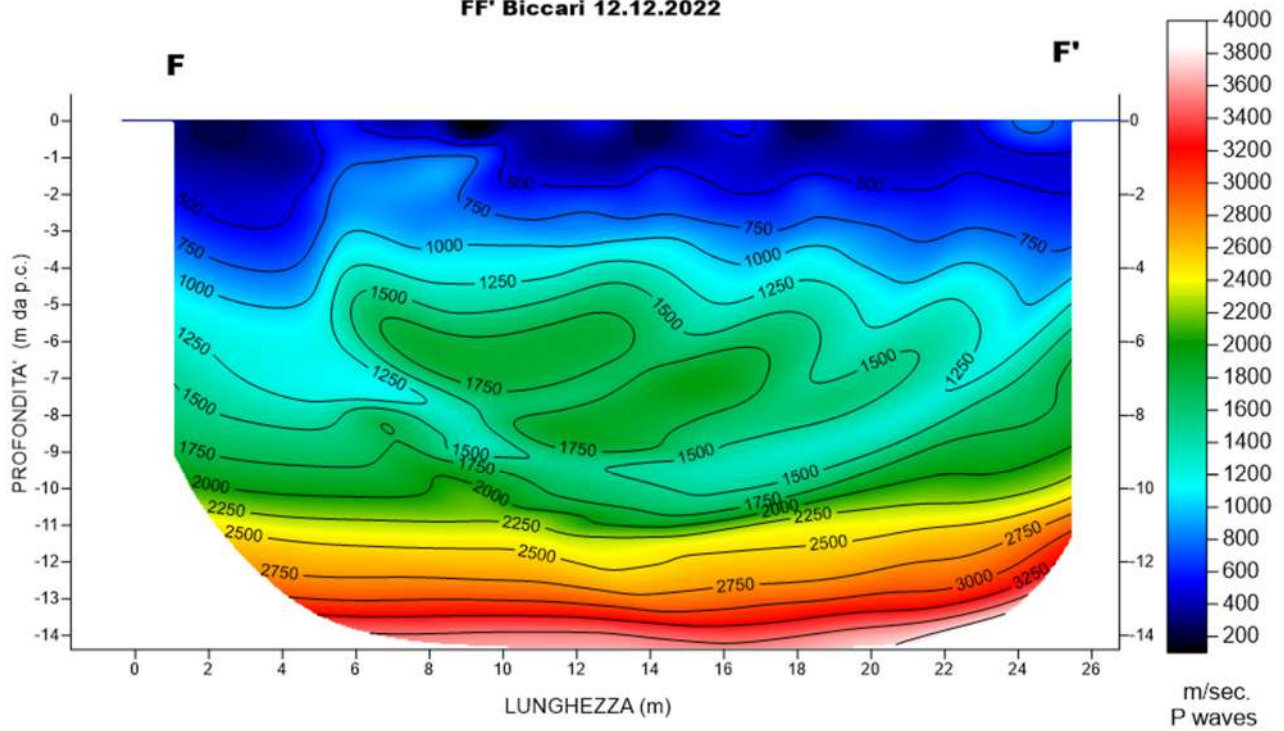


Fig. 20 – Sezione tomografica del profilo FF' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 3/4 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 10 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 i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

In corrispondenza del Sismostrato B, l'andamento ondulato delle velocità sismiche permette di ipotizzare la presenza di variazioni granulometriche e di coesione che implicano la presenza di anisotropie laterali di facies litologiche.

4.7 Stendimento sismico GG': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione GG' 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):

G – 15.188793 41.413726 G' – 15.189005 41.413645

Lo stendimento GG' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.21).

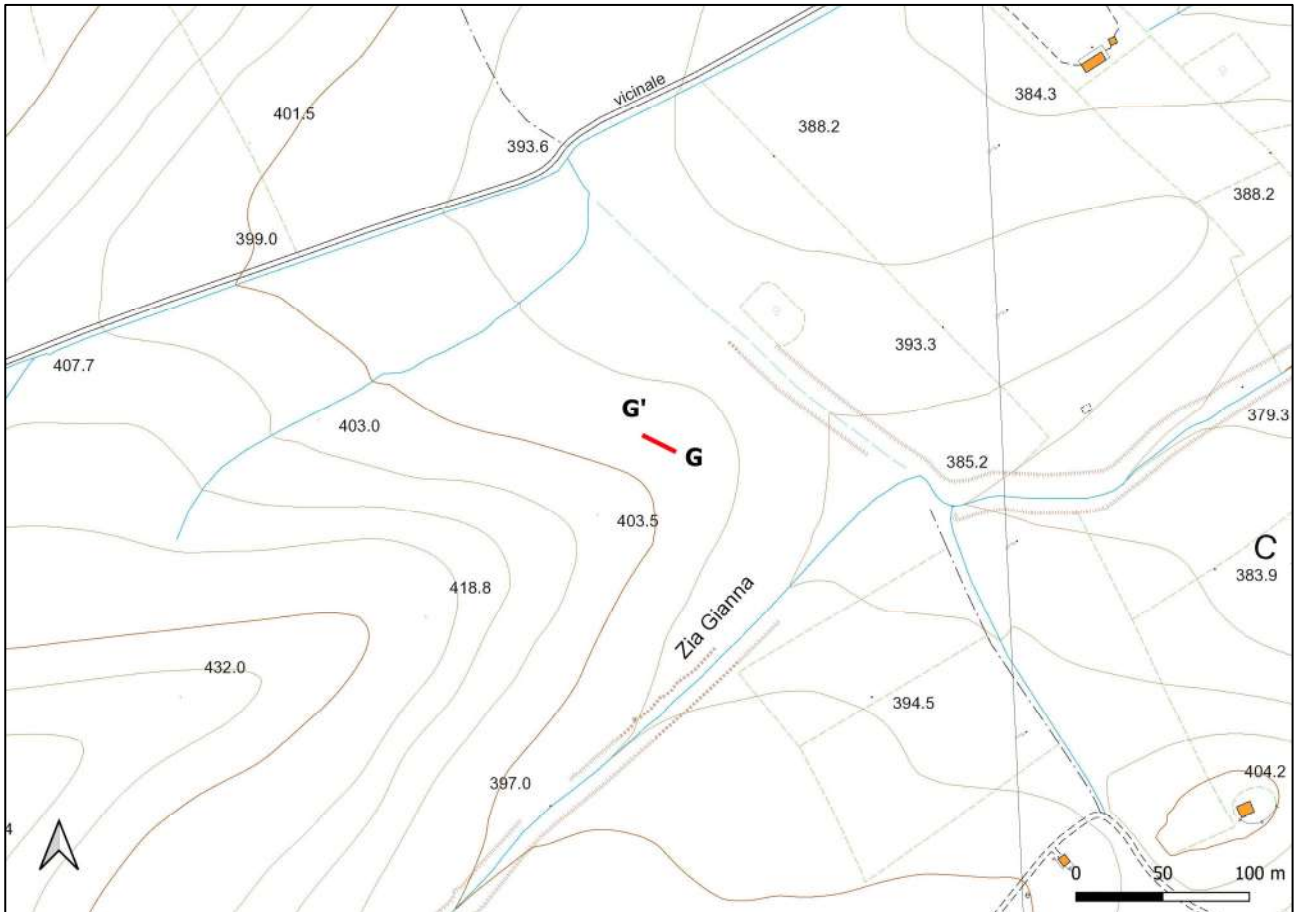


Fig. 21 – Ubicazione dello stendimento sismico GG' su CTR della Regione Puglia

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.22).



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

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).

TOMOGRAFIA SISMICA ONDE P
GG' - Biccari - 12.12.2022

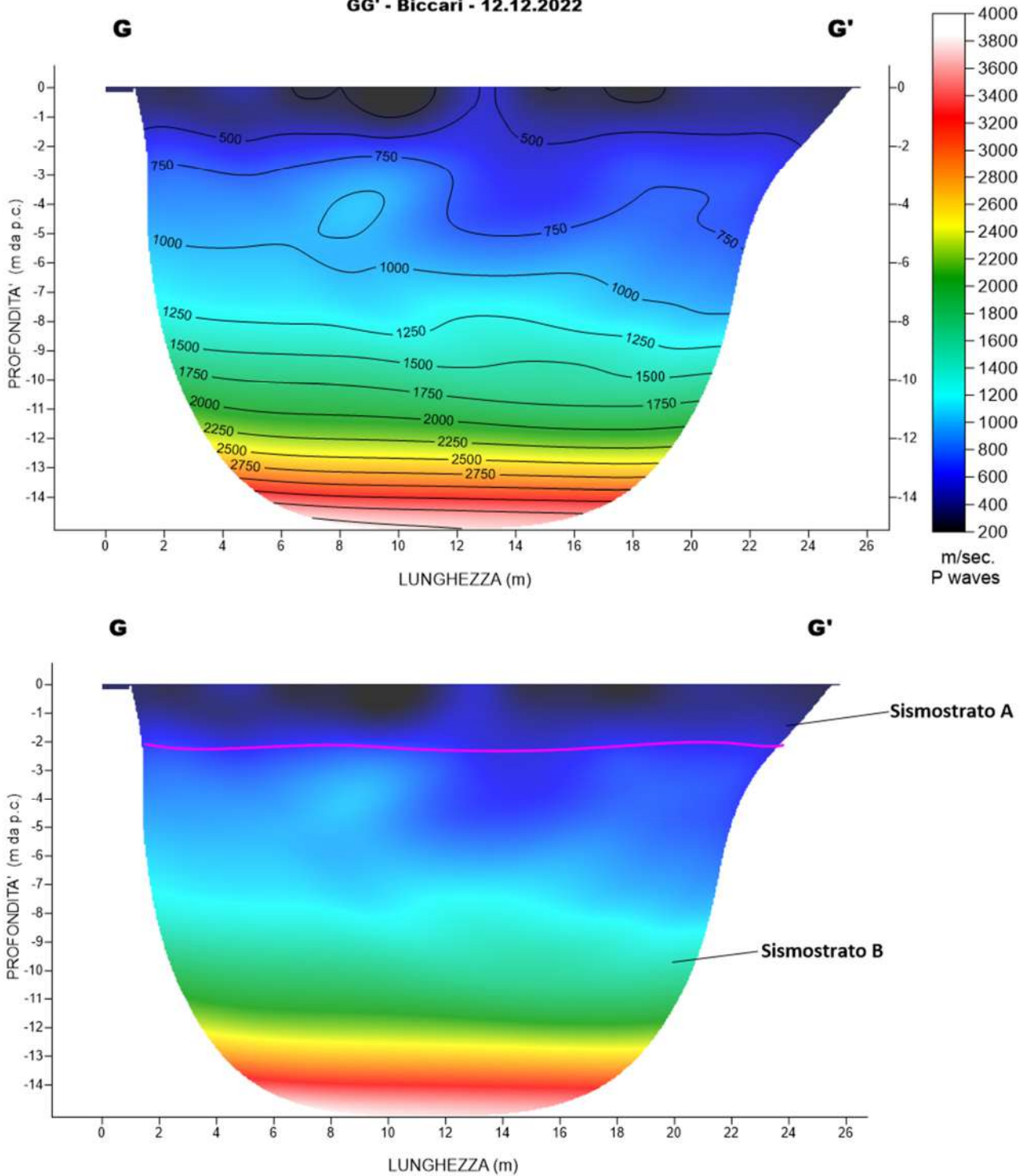


Fig. 23 – Sezione tomografica del profilo GG' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 500 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 3000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere la profondità investigata di circa 15 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A) mentre il secondo sismostrato (sismostrato B), è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

4.8 Stendimento sismico HH': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione HH' 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):

H – 15.183344 41.416455 H' – 15.183463 41.416311

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

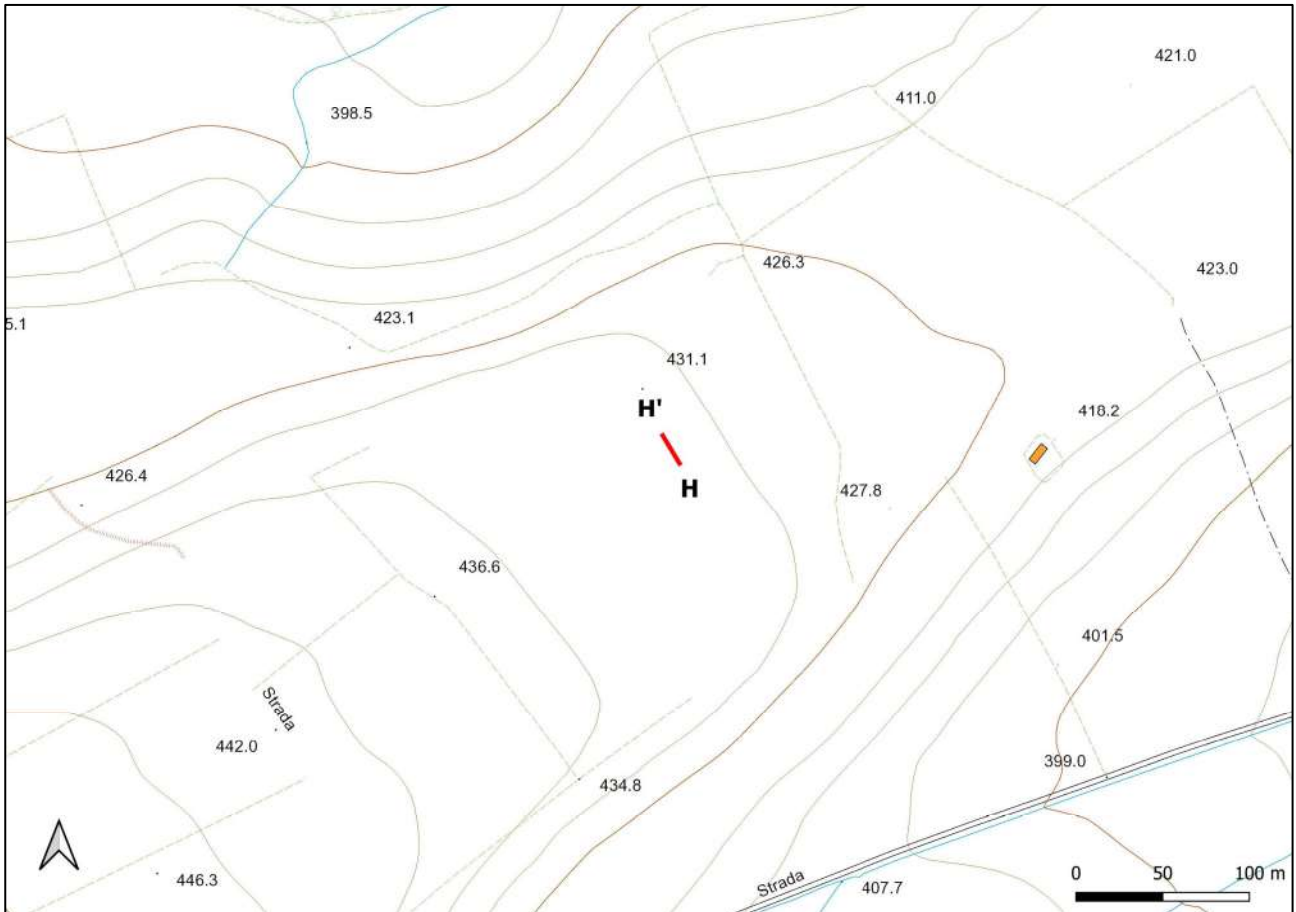


Fig. 24 – Ubicazione dello stendimento sismico HH' su CTR della Regione Puglia

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 HH'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 25 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

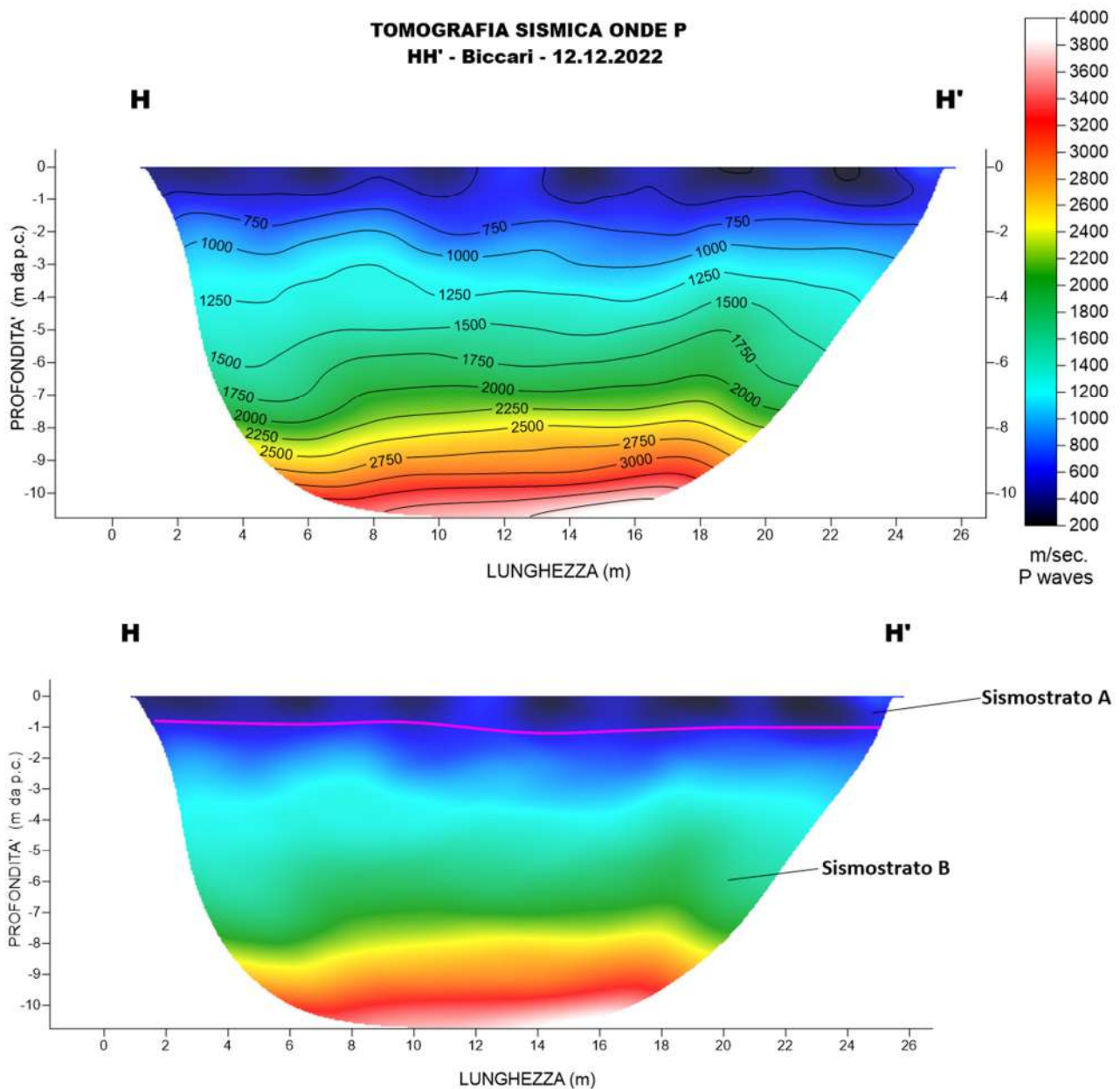


Fig. 25 – Sezione tomografica del profilo HH' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 500 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 1 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 3500 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere la profondità investigata di circa 10 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A) mentre il secondo sismostrato (sismostrato B), è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

4.9 Stendimento sismico II': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione II' 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):

I – 15.214859 41.410364 I' – 15.214633 41.410388

Lo stendimento II' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.26).

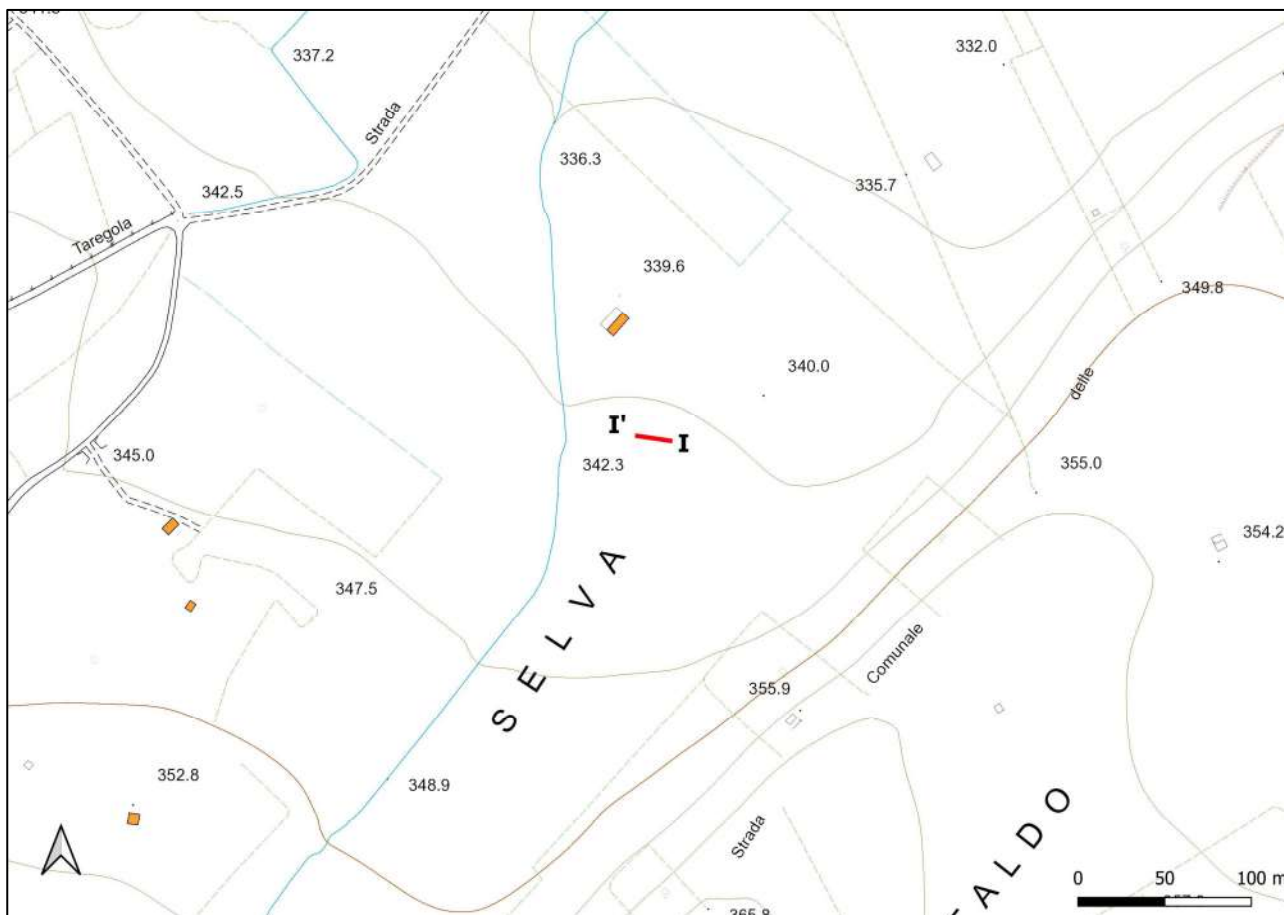


Fig. 24 – Ubicazione dello stendimento sismico II' su CTR della Regione Puglia

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).

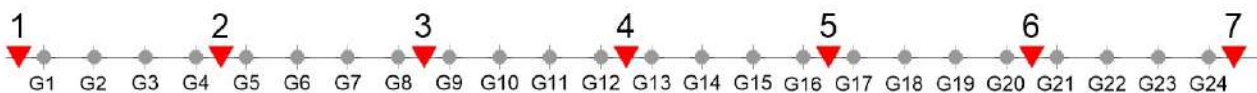


Fig.25 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione II'

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).

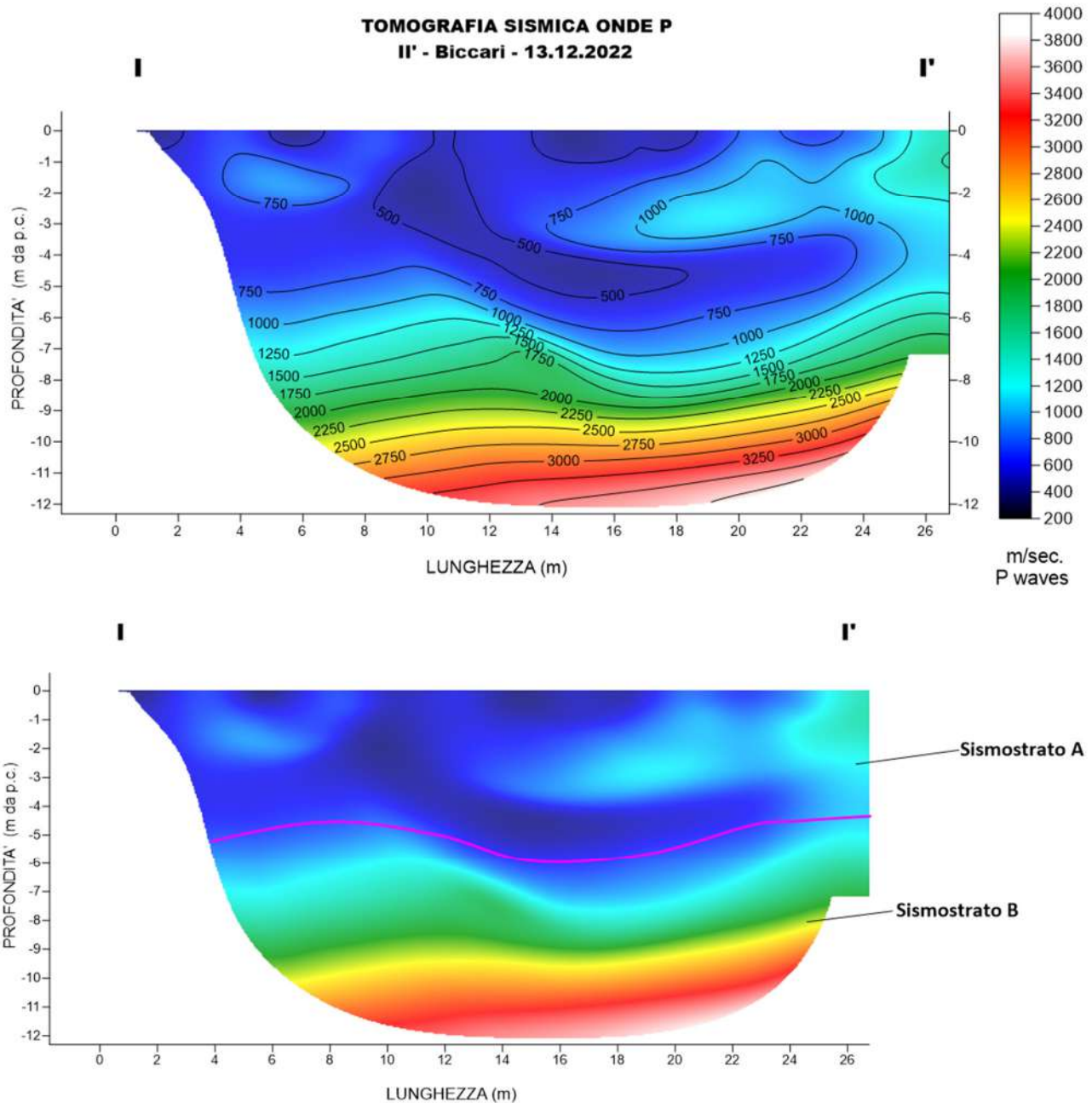


Fig. 26 – Sezione tomografica del profilo II' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

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

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 5 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 4000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere la profondità investigata di circa 12 m dal p.c. Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi

ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A) mentre il secondo sismostrato (sismostrato B), è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

5. ANALISI MASW

L'indagine geofisica è stata completata con l'esecuzione di n.9 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.45).

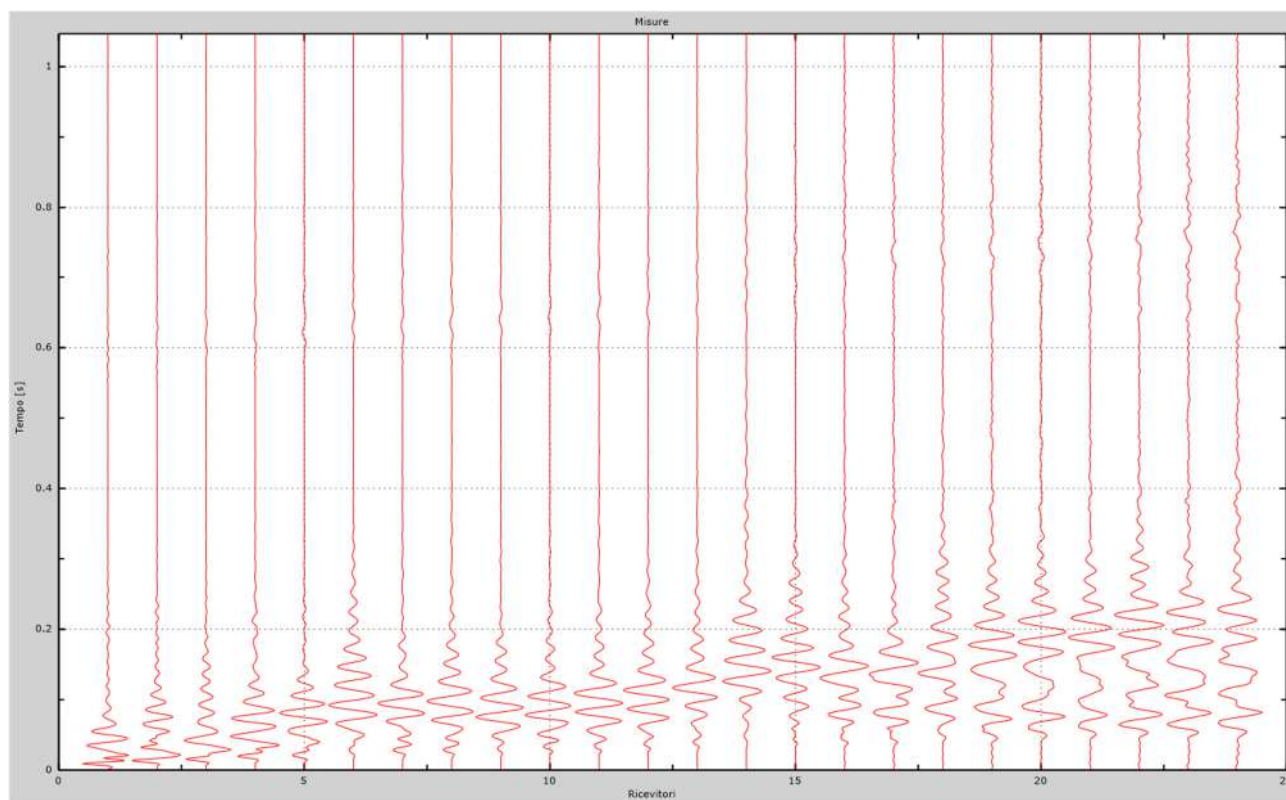


Fig. 45 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo AA'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.46) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.47). 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.48). 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.

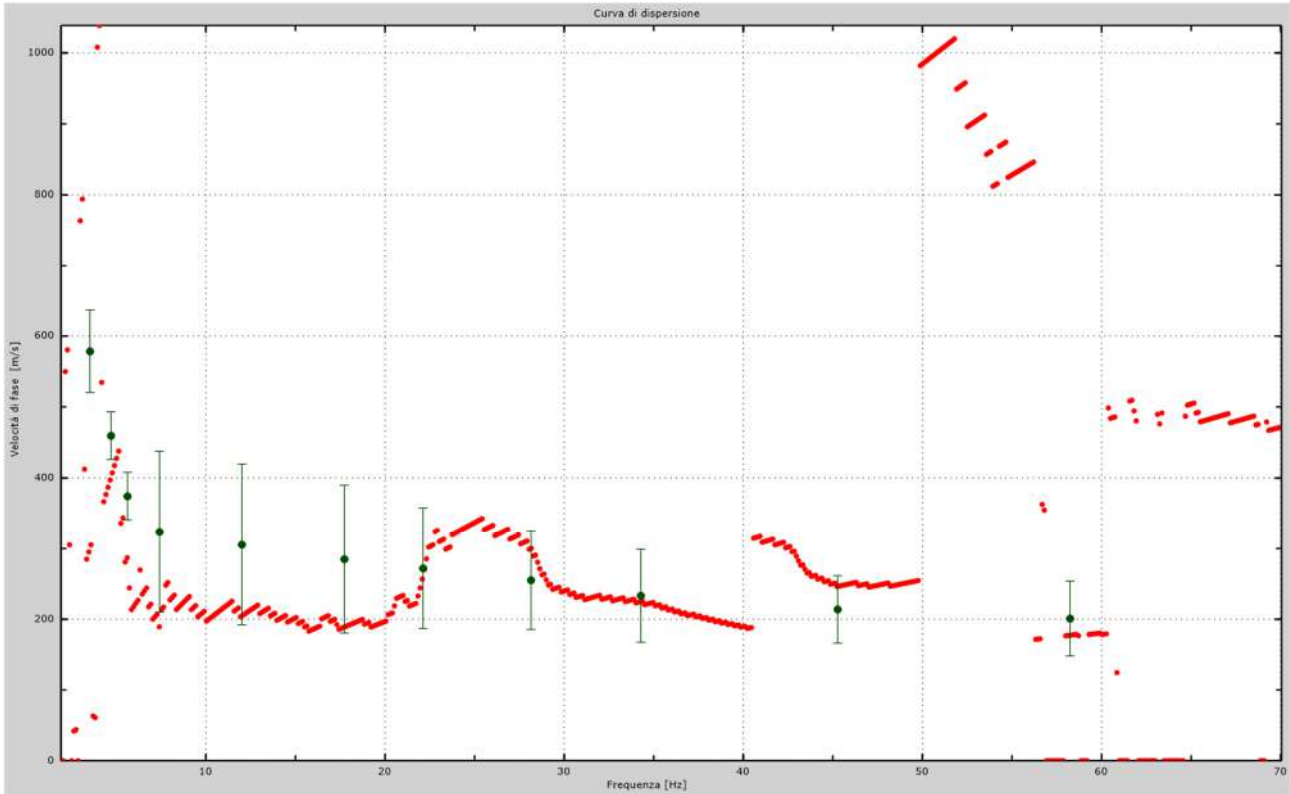


Fig.46 - Curva di dispersione sperimentale.

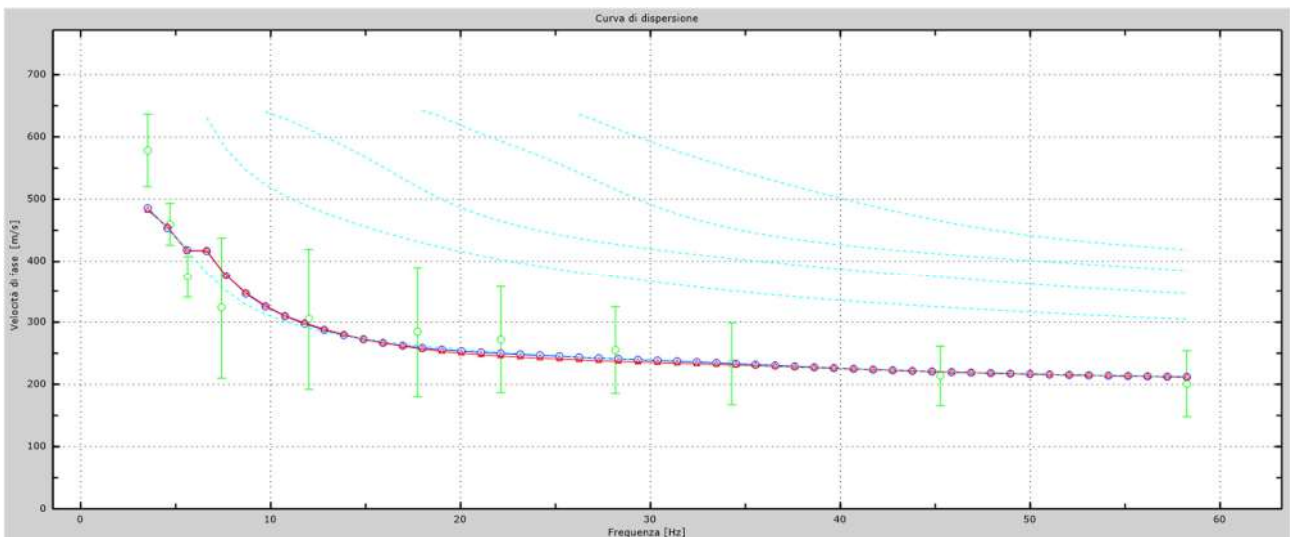


Fig.47 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

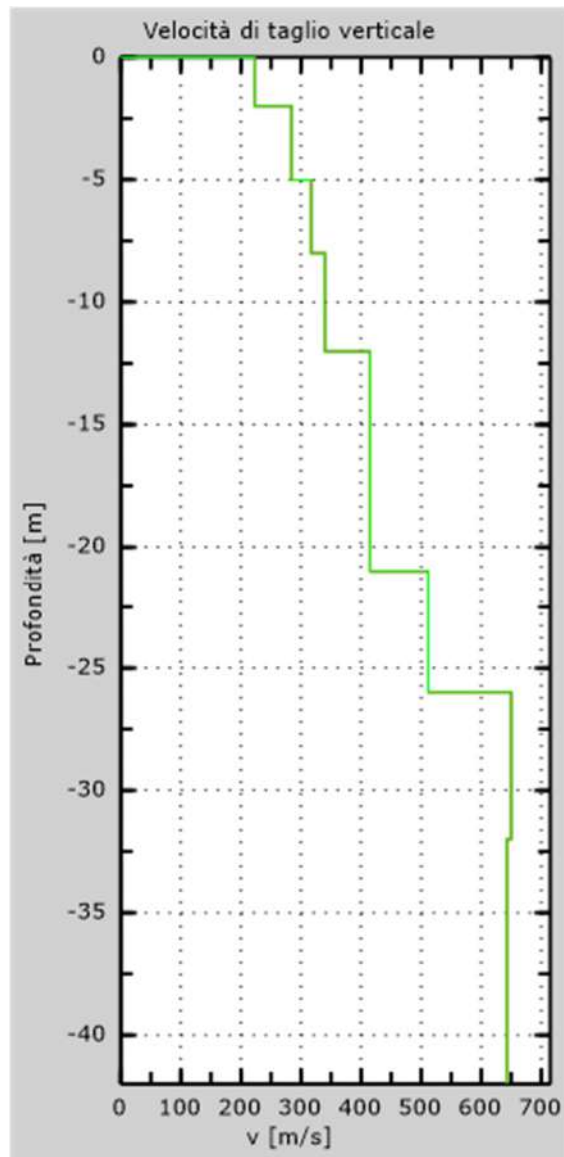


Fig. 48 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

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.49).

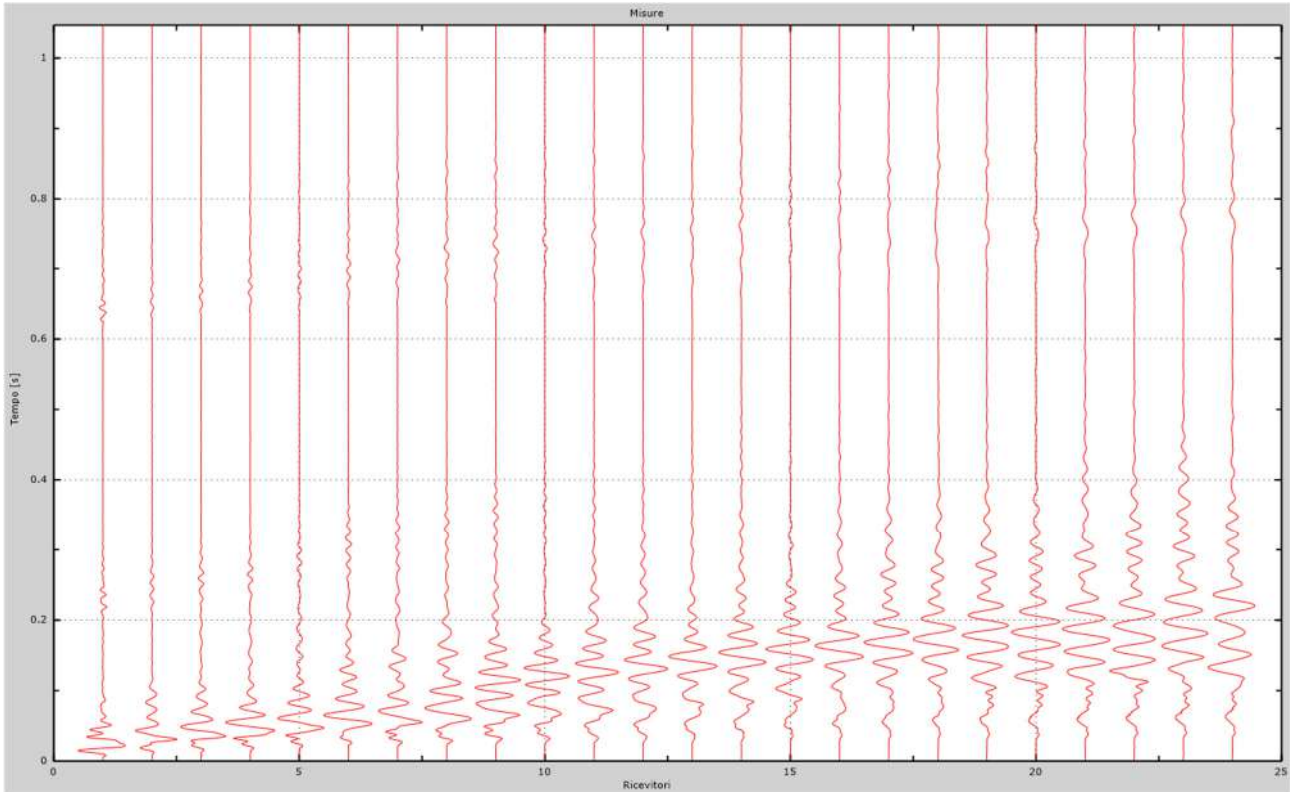


Fig. 49 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo BB'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.50) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.51). 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.52). 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.

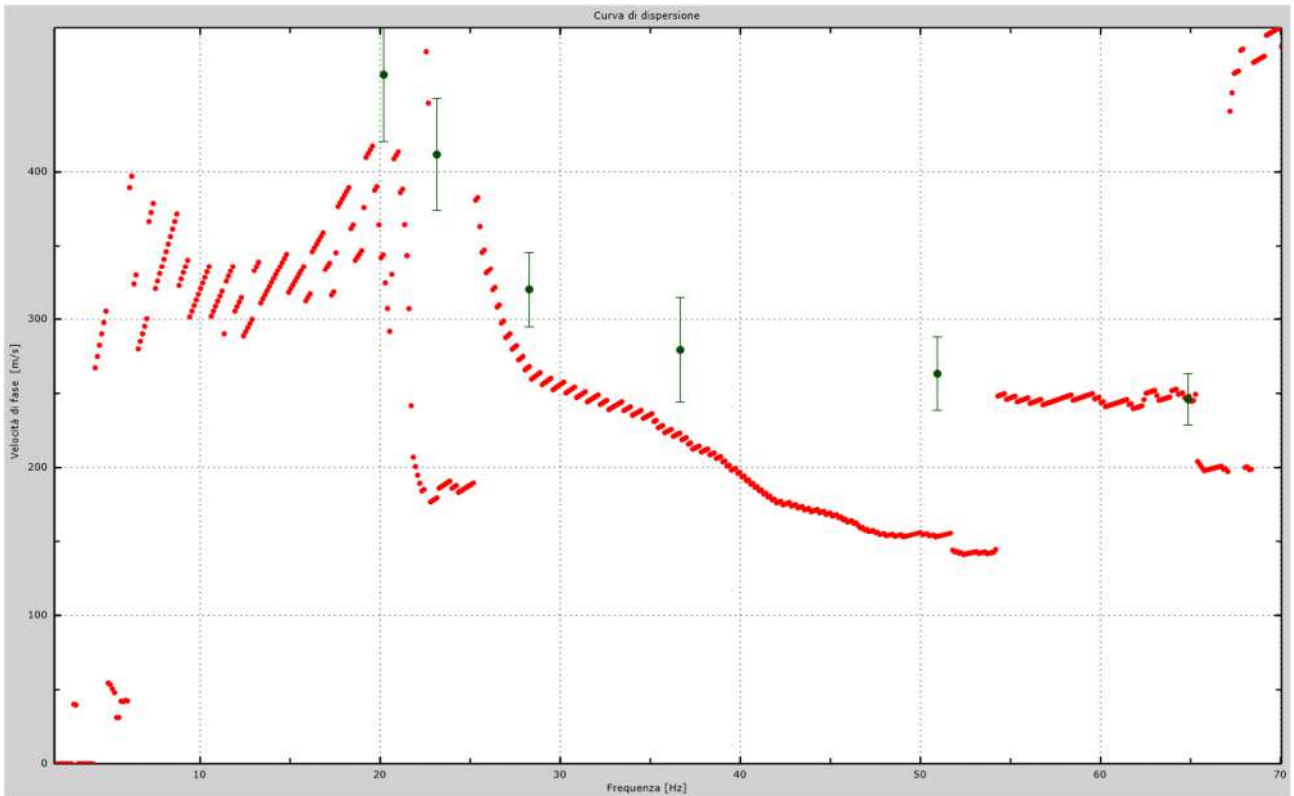


Fig.50 - Curva di dispersione sperimentale.

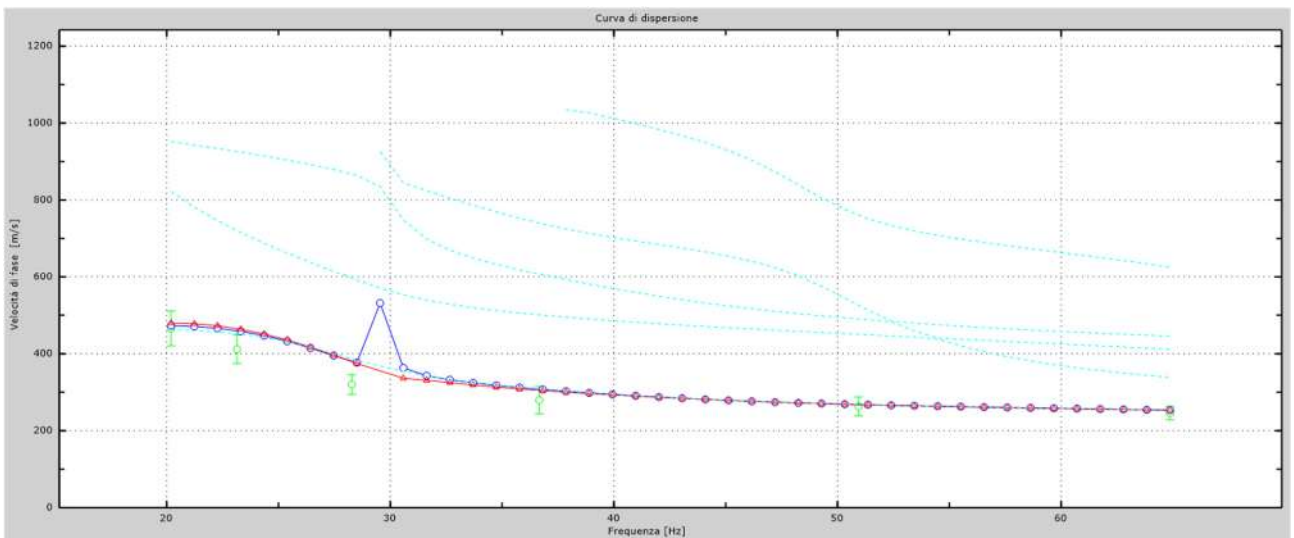


Fig.51 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

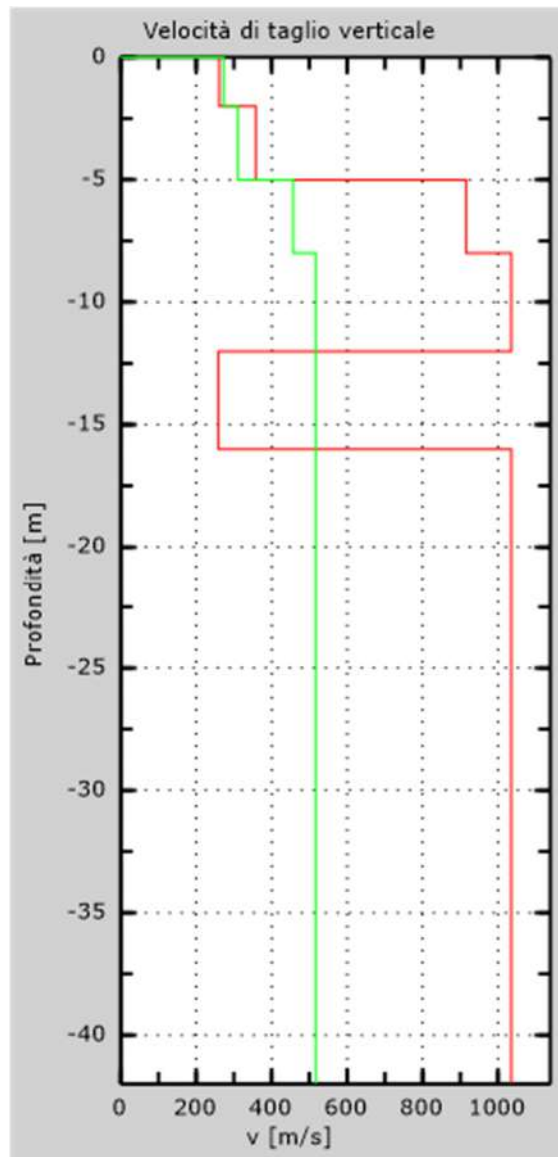


Fig. 52 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

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.53).

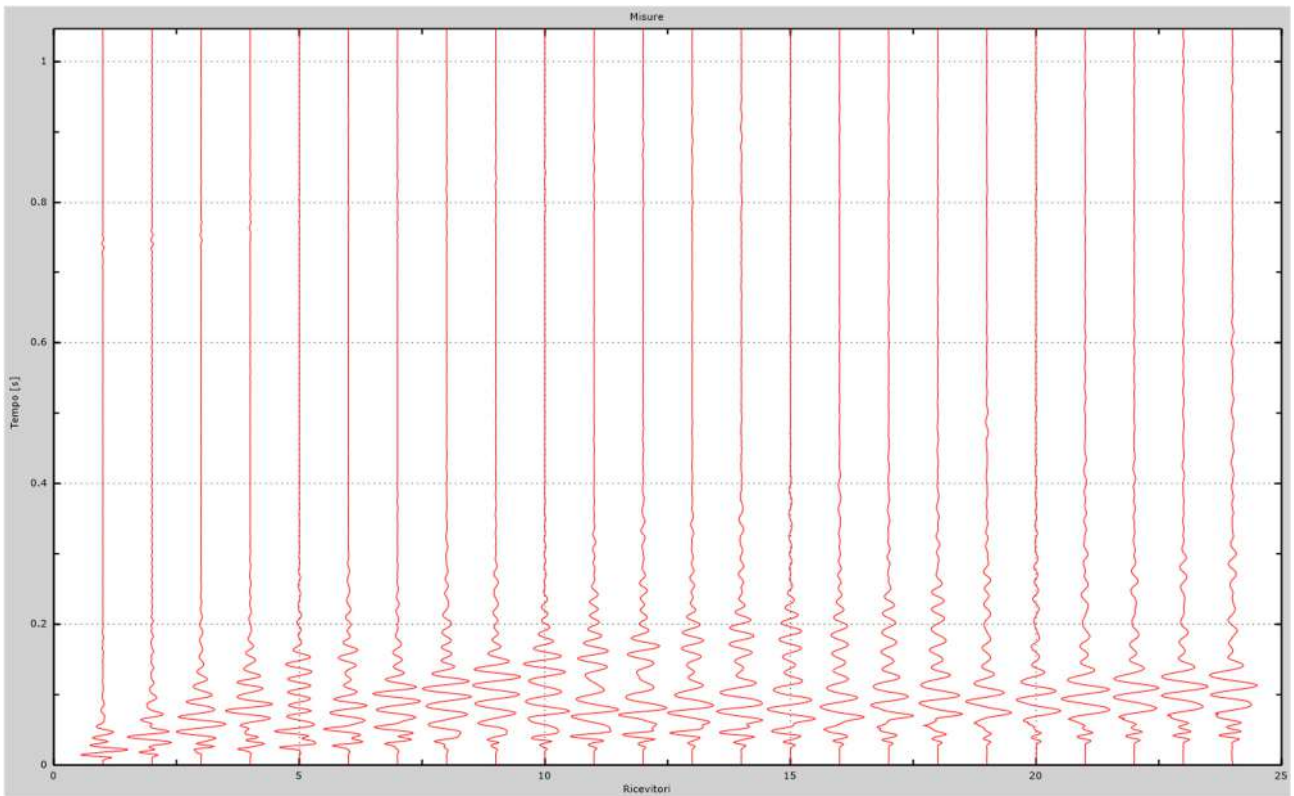


Fig. 53 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo CC'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.54) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.55). 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.56). 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.

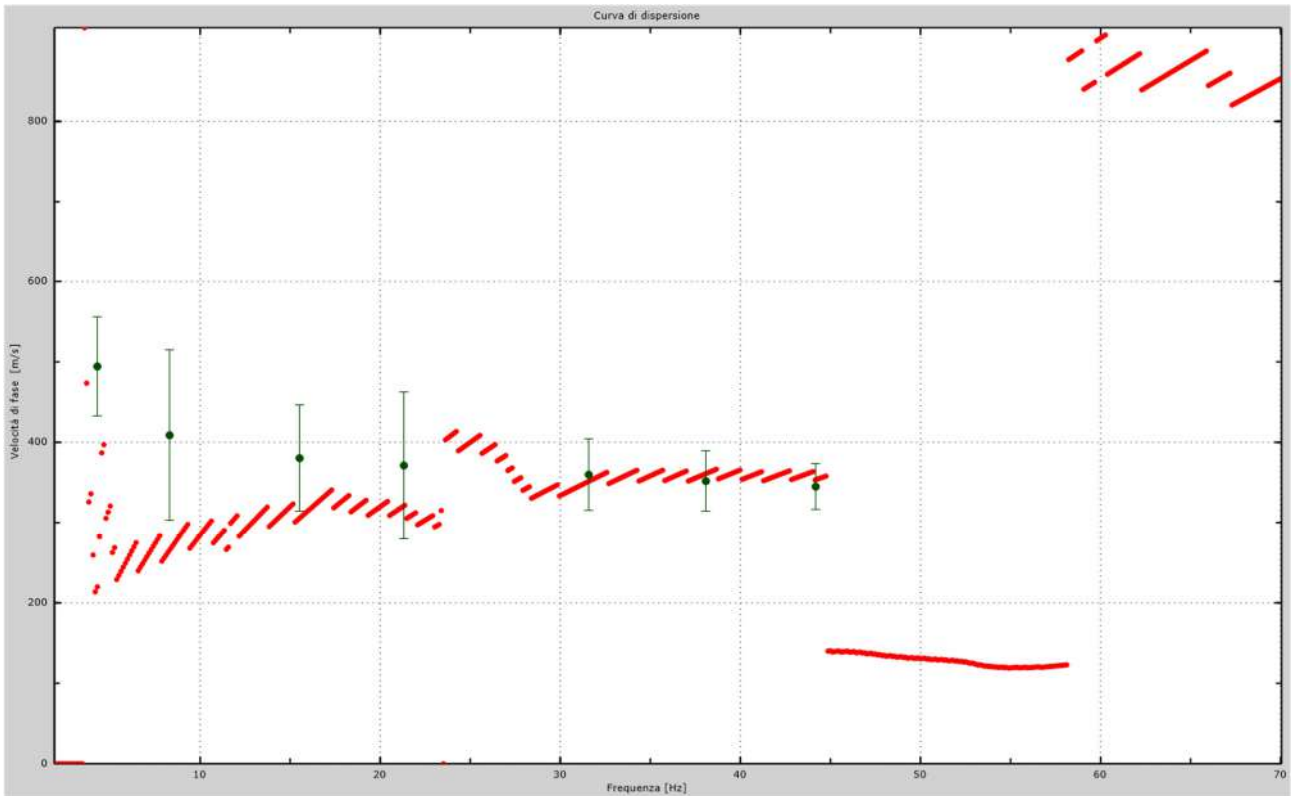


Fig.54 - Curva di dispersione sperimentale.

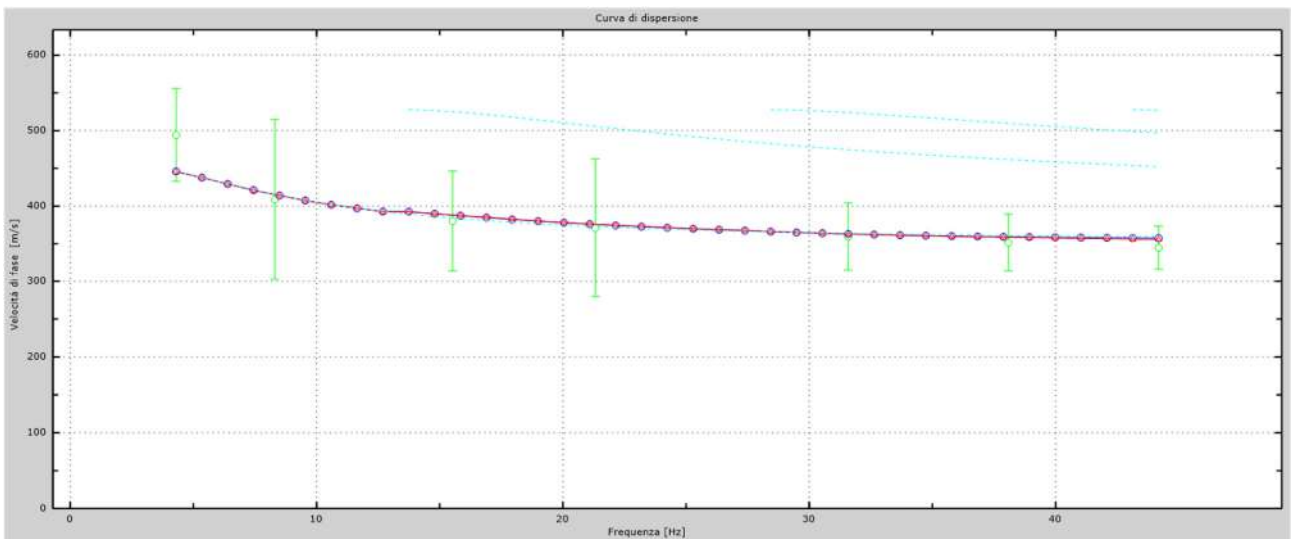


Fig.55 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

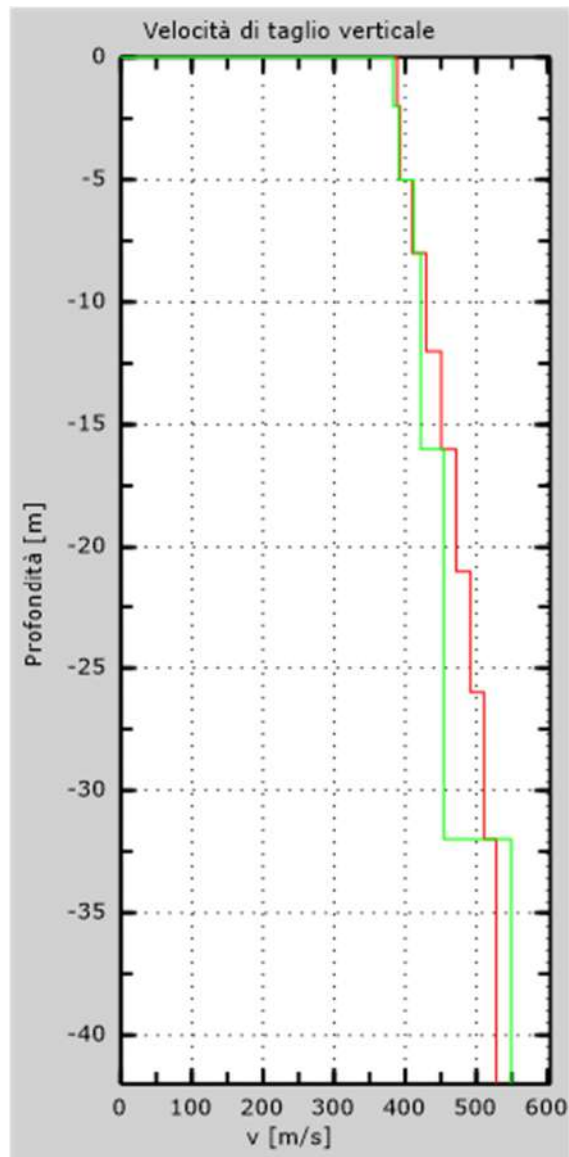


Fig. 56 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

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.57).

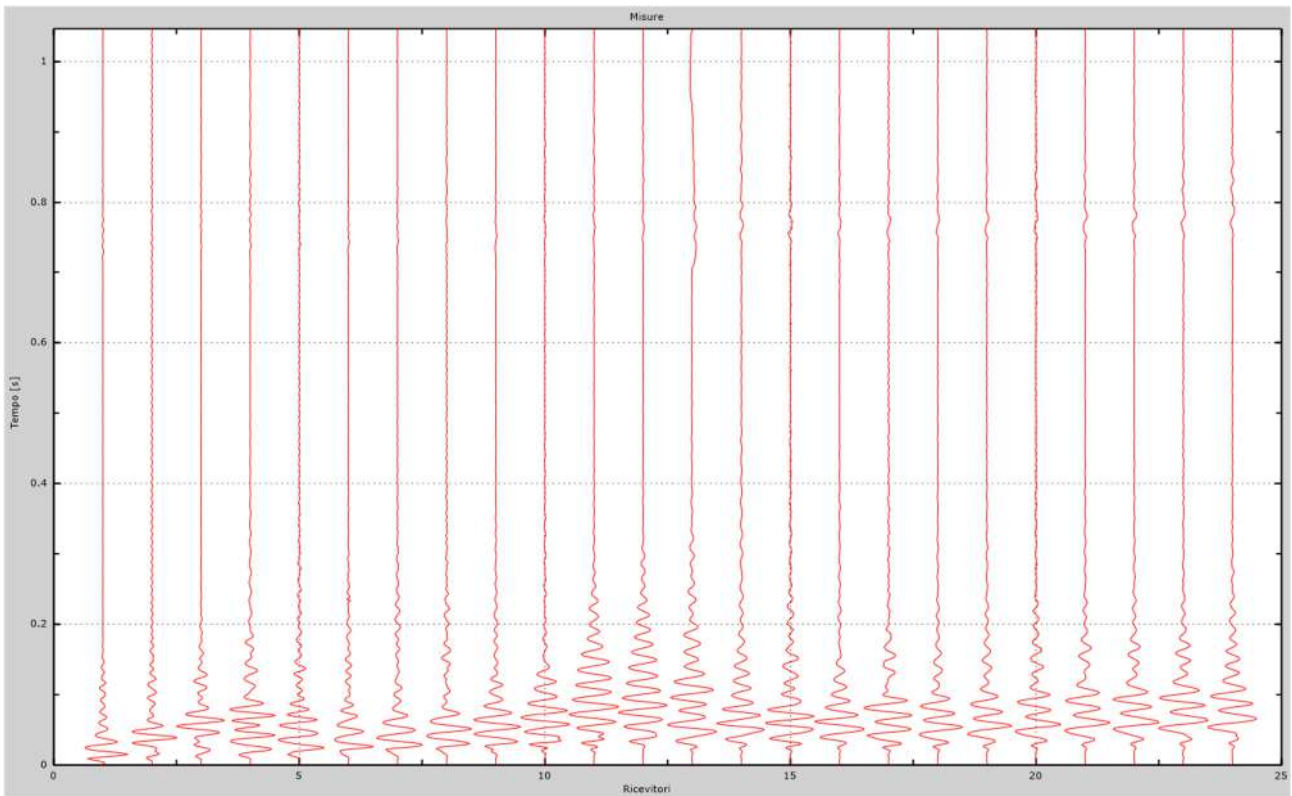


Fig. 57 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo DD'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.58) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.59). 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.60). 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.

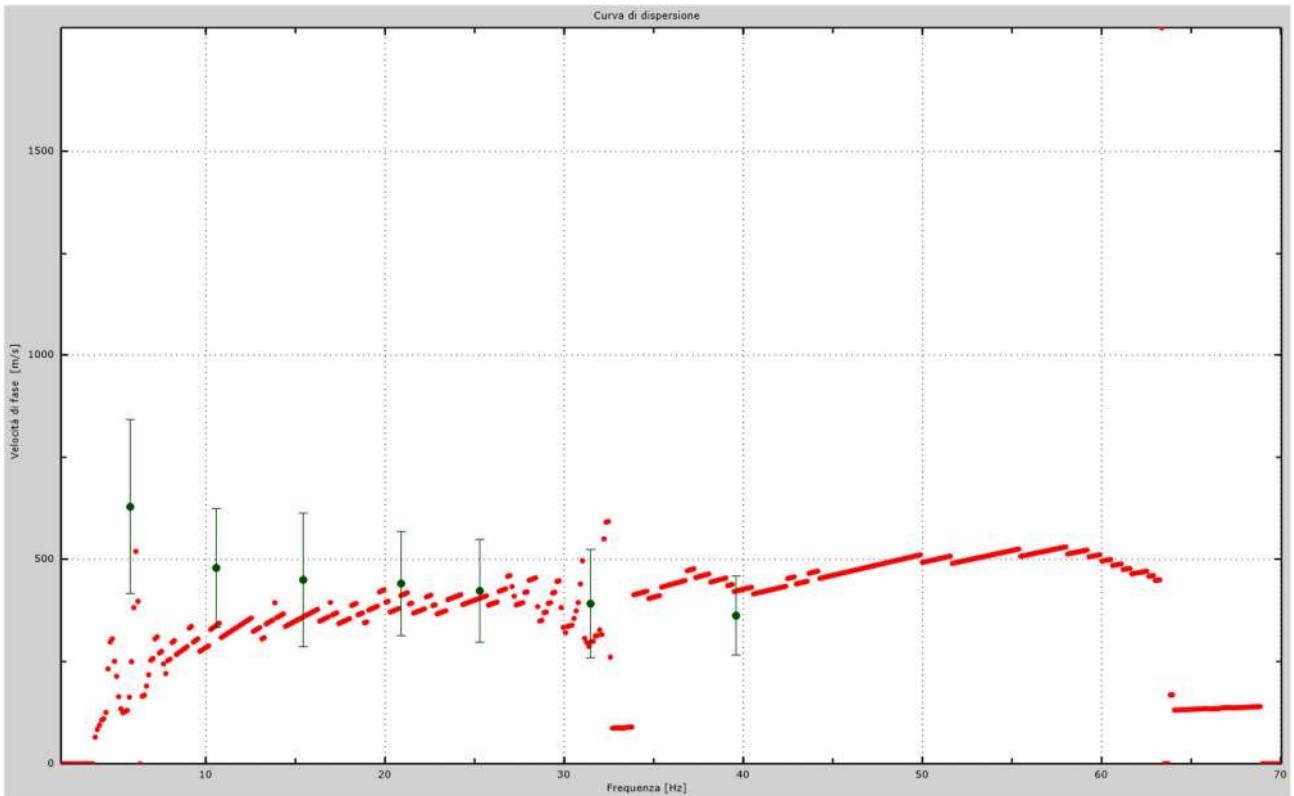


Fig.58 - Curva di dispersione sperimentale.

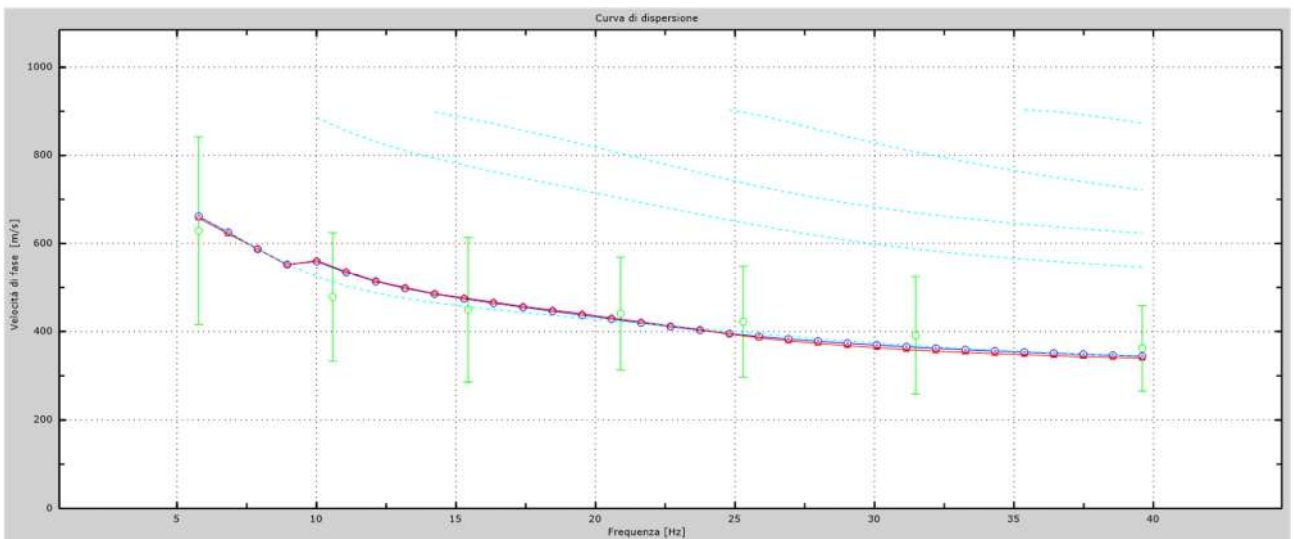


Fig.59 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

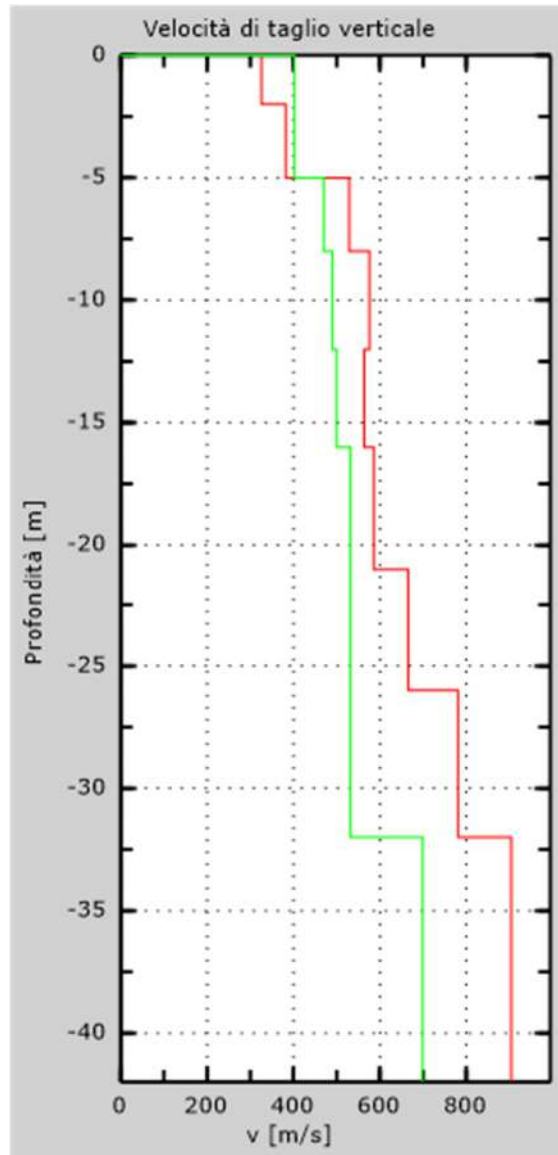


Fig. 60 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

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.61).

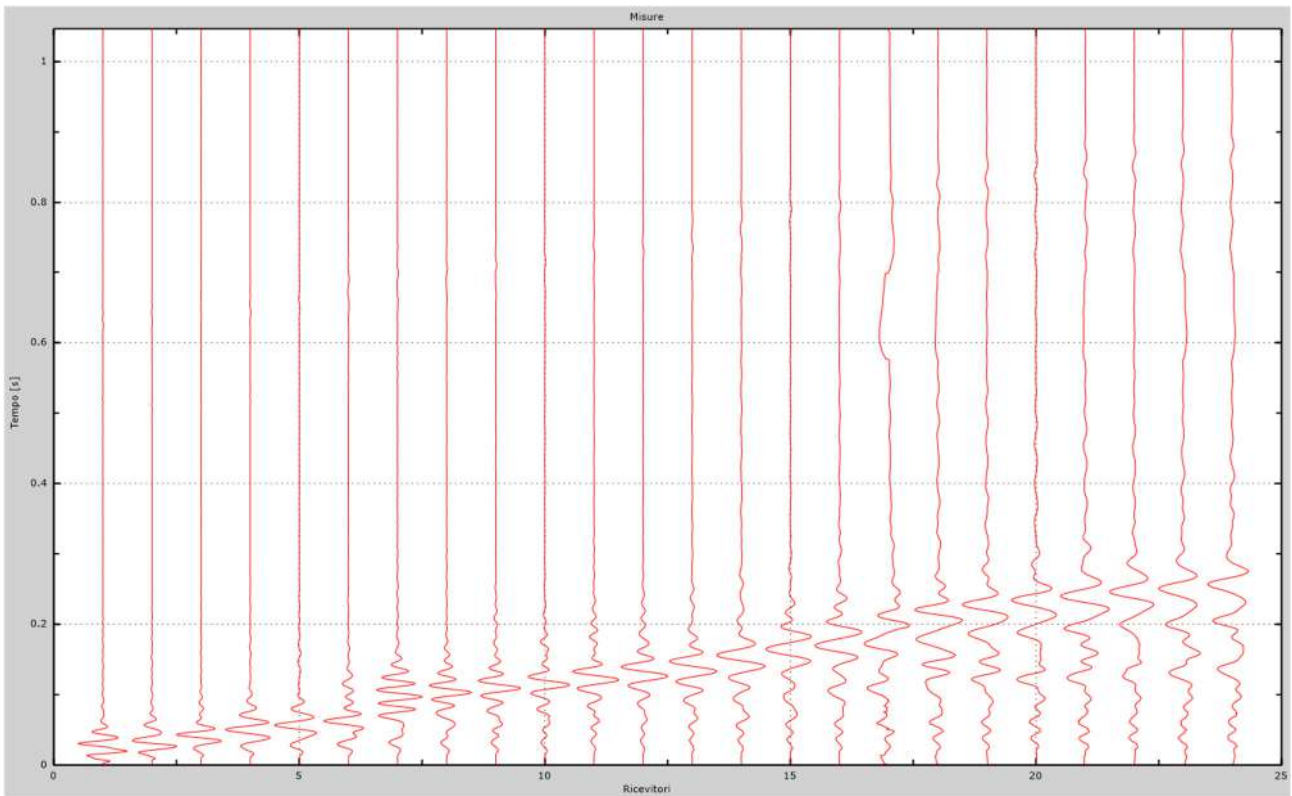


Fig. 61 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo EE'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.62) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.63). 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.64). 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.

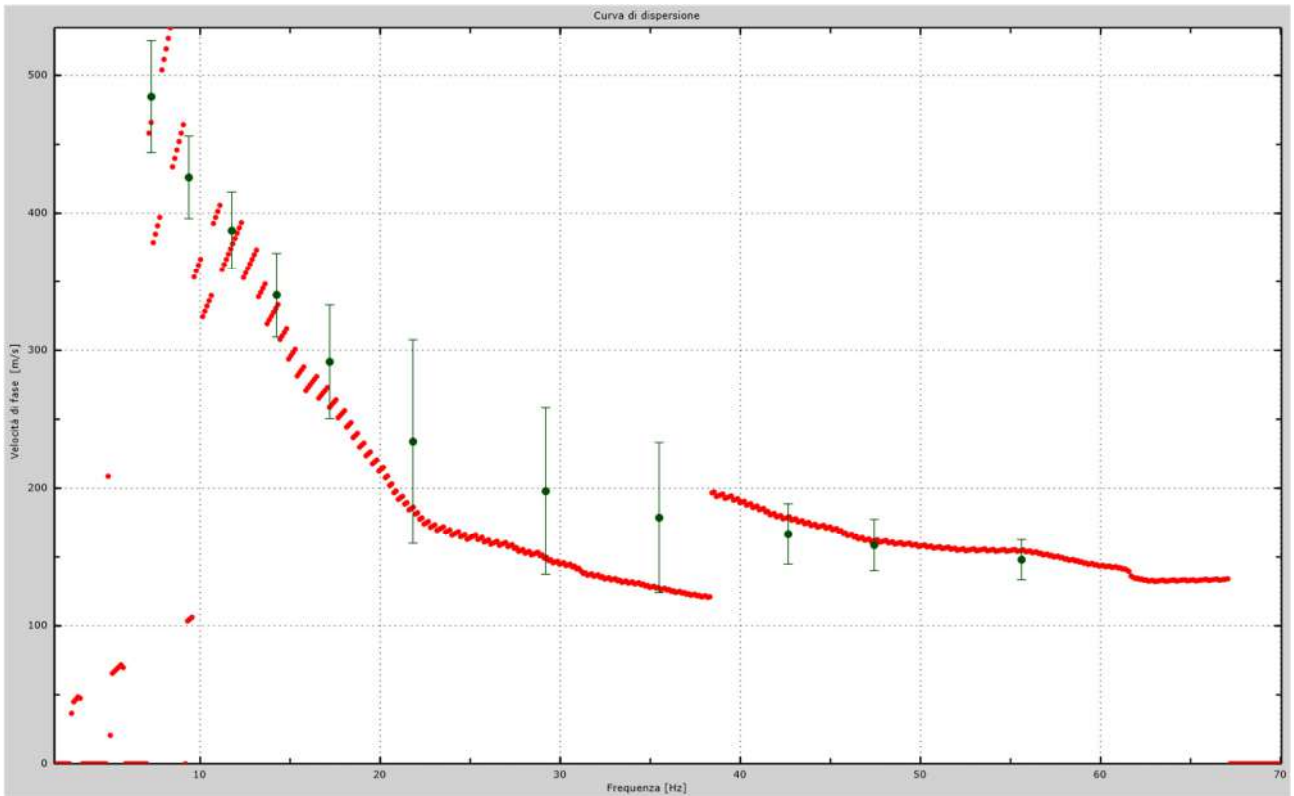


Fig.62 - Curva di dispersione sperimentale.

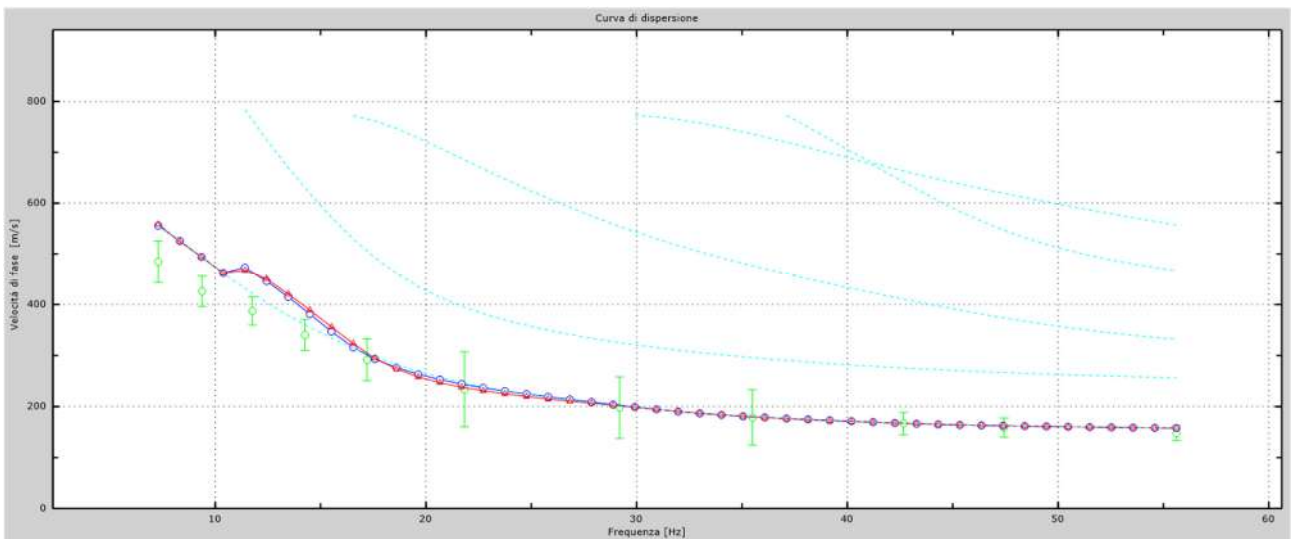


Fig.63 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

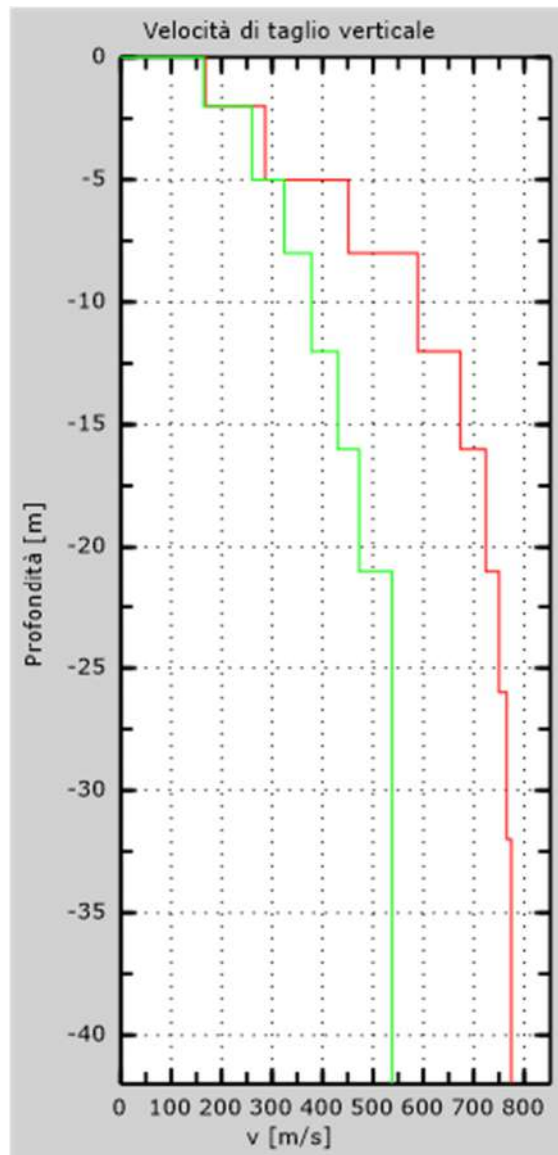


Fig. 64 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

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.65).

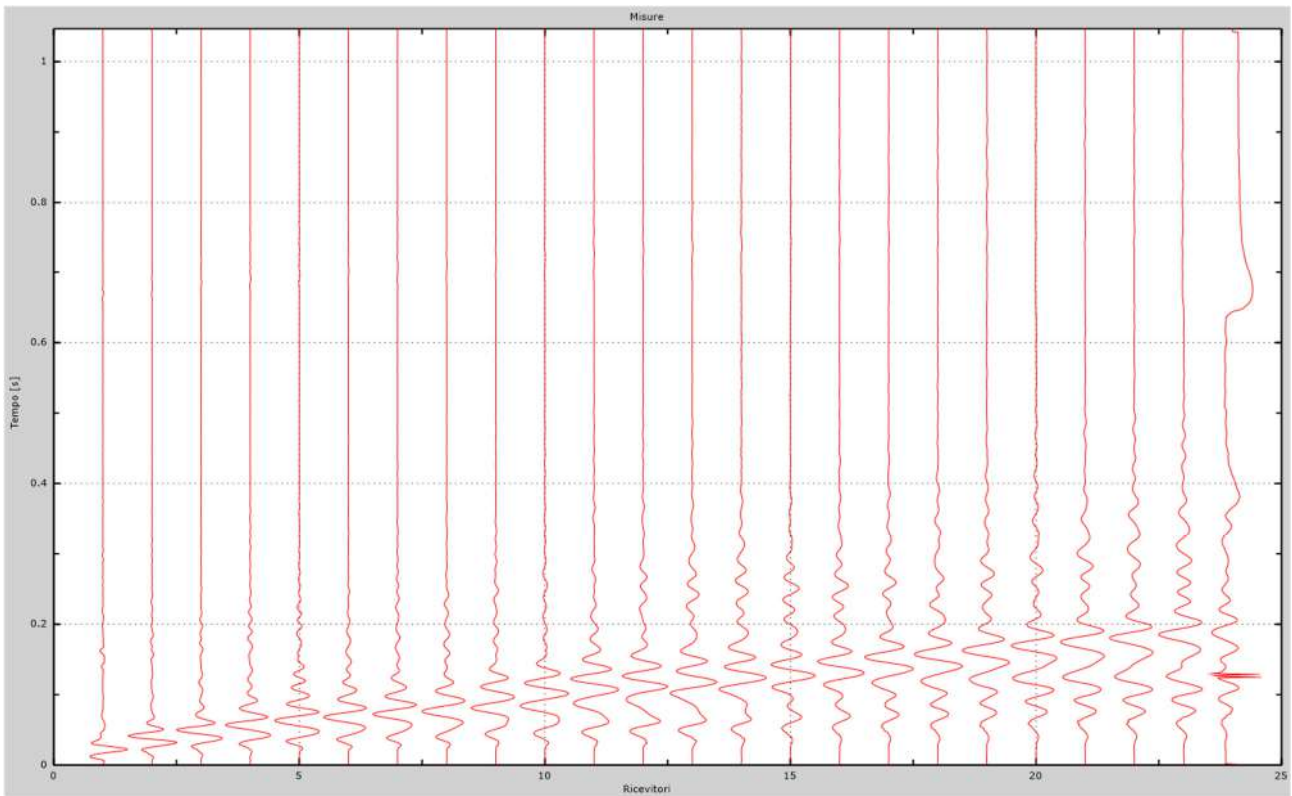


Fig. 65 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo FF'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.66) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.67). 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.68). 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.

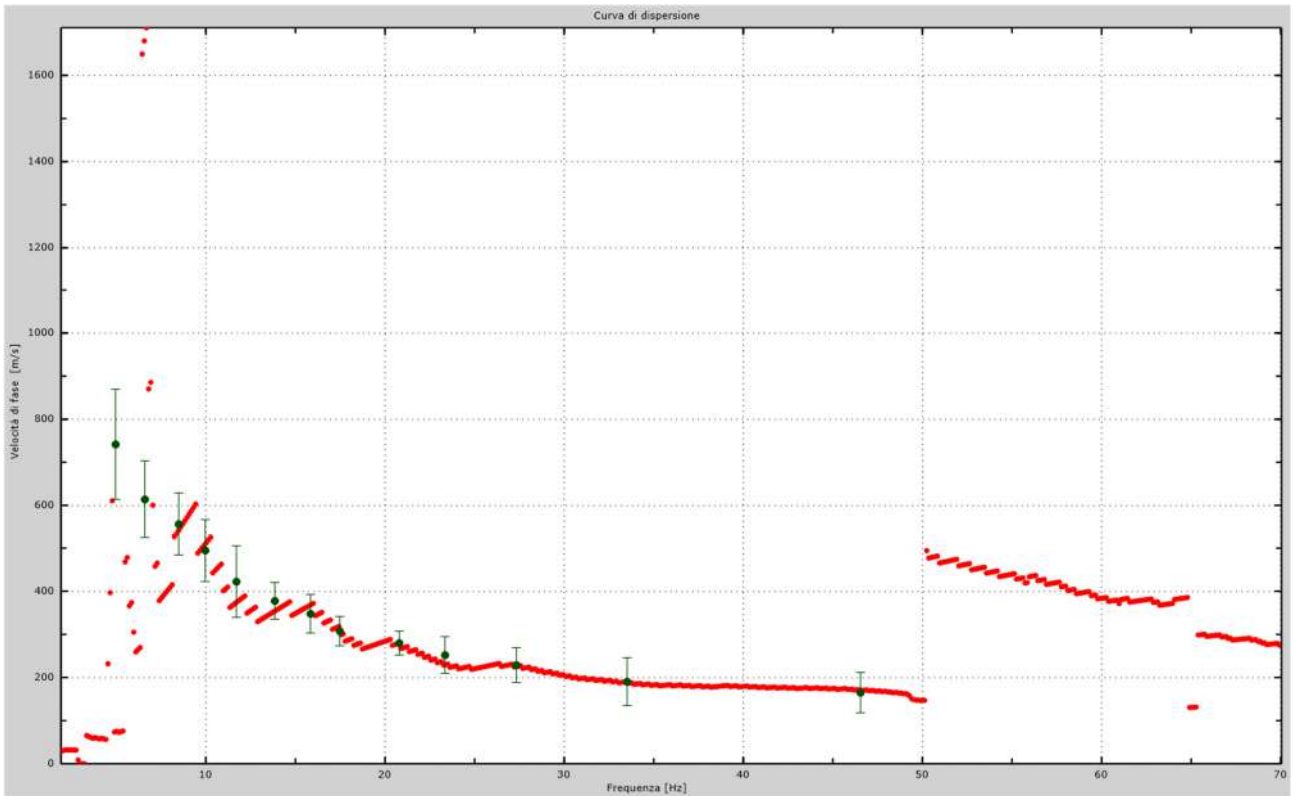


Fig.66 - Curva di dispersione sperimentale.

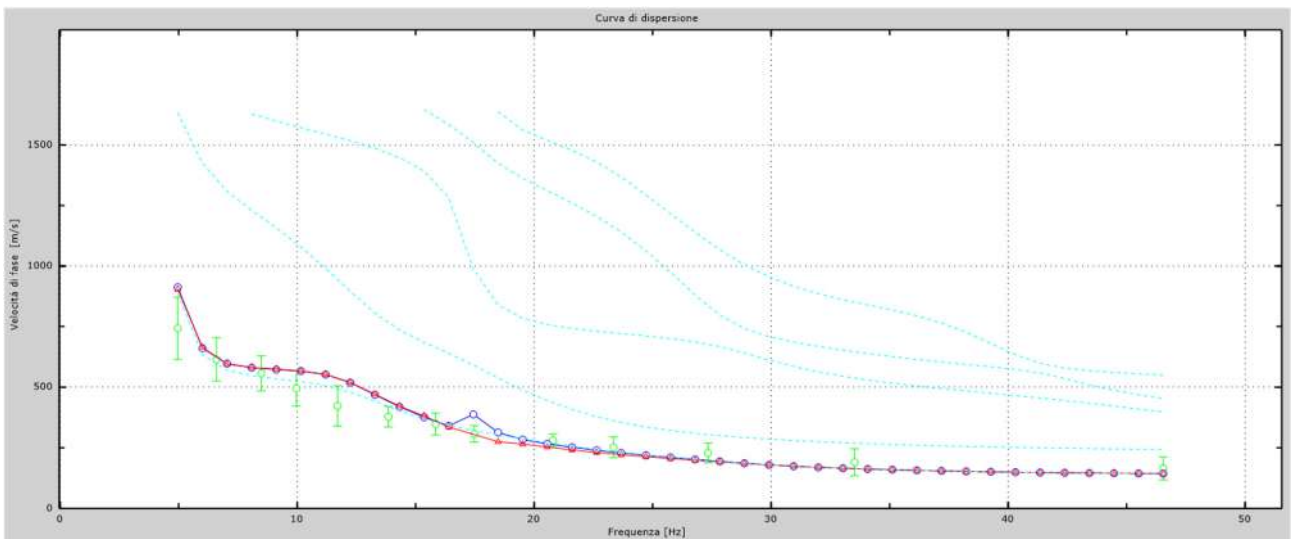


Fig.67 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

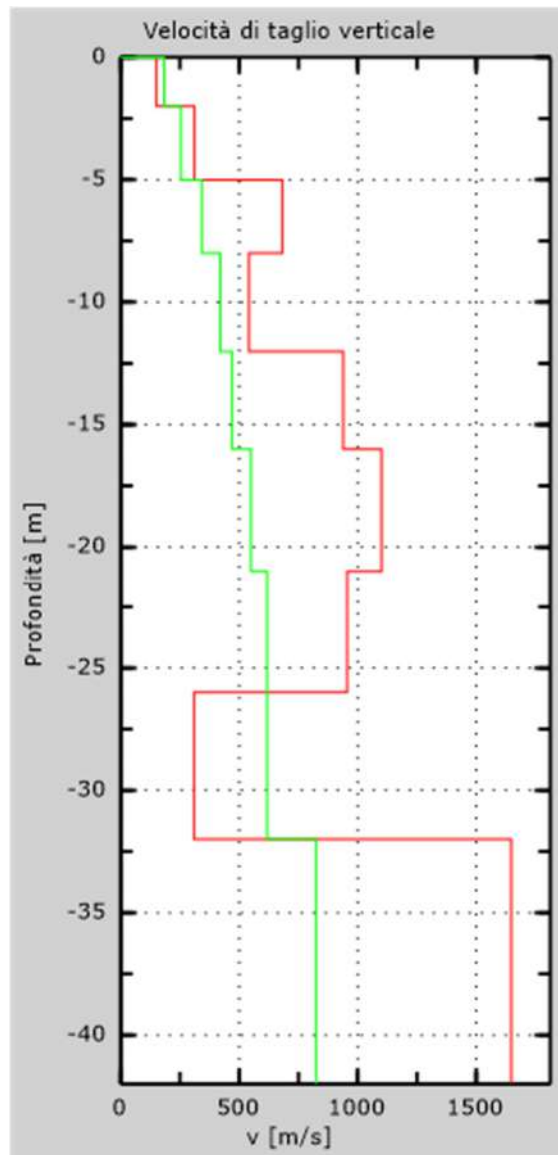


Fig. 68 - Profilo VS – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.7 Stendimento sismico GG': 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.69).

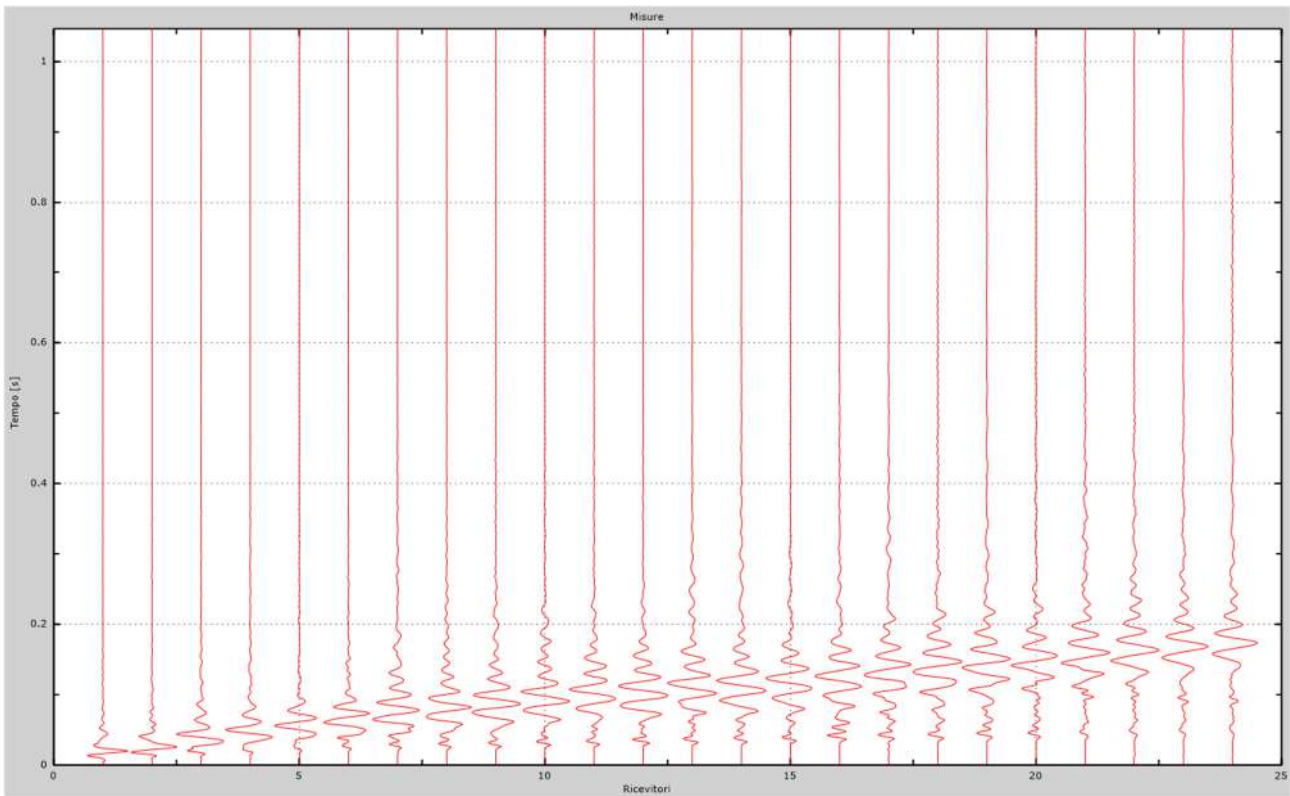


Fig. 69 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo GG'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.70) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.71). 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.72). 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.

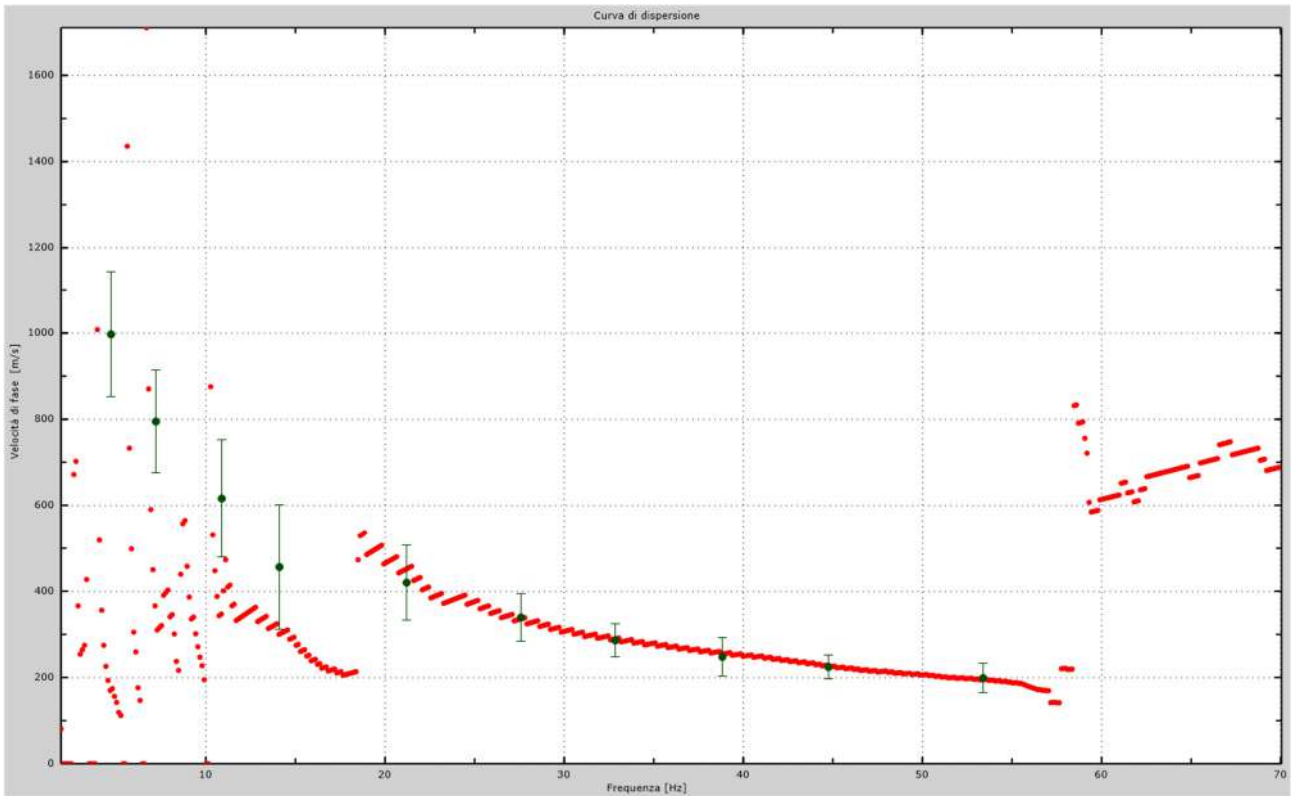


Fig.70 - Curva di dispersione sperimentale.

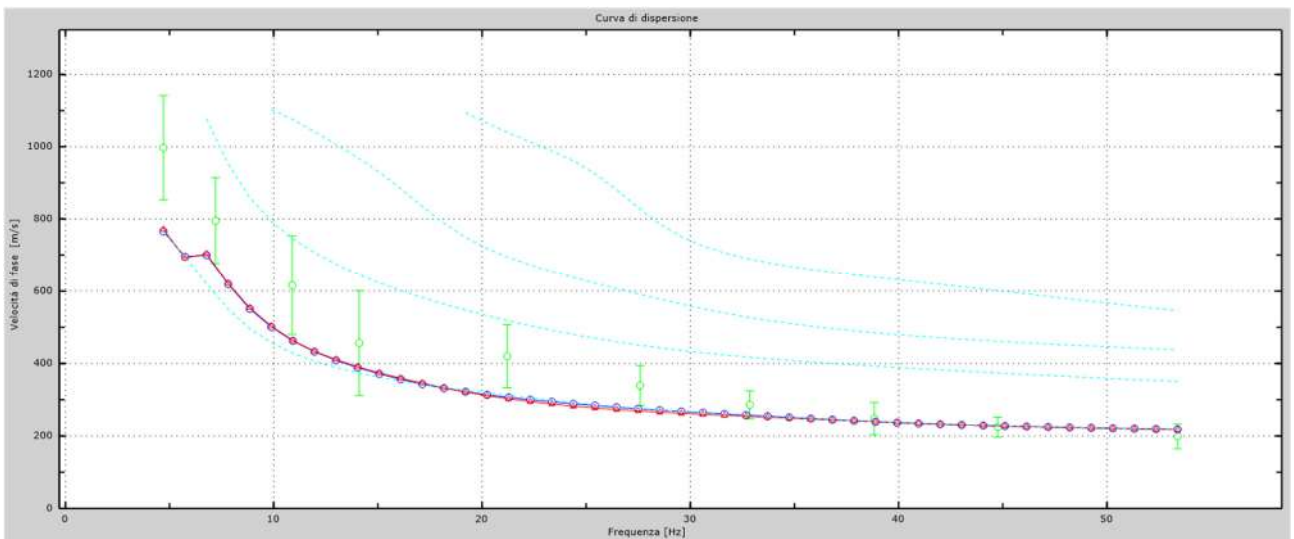


Fig.71 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

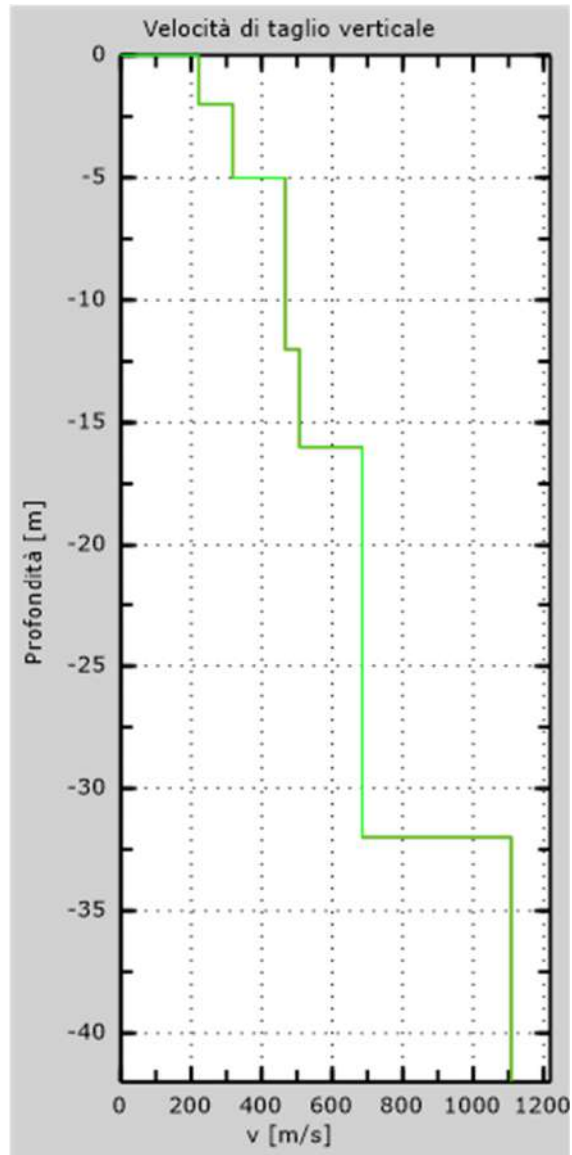


Fig. 72 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.8 Stendimento sismico HH': 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.73).

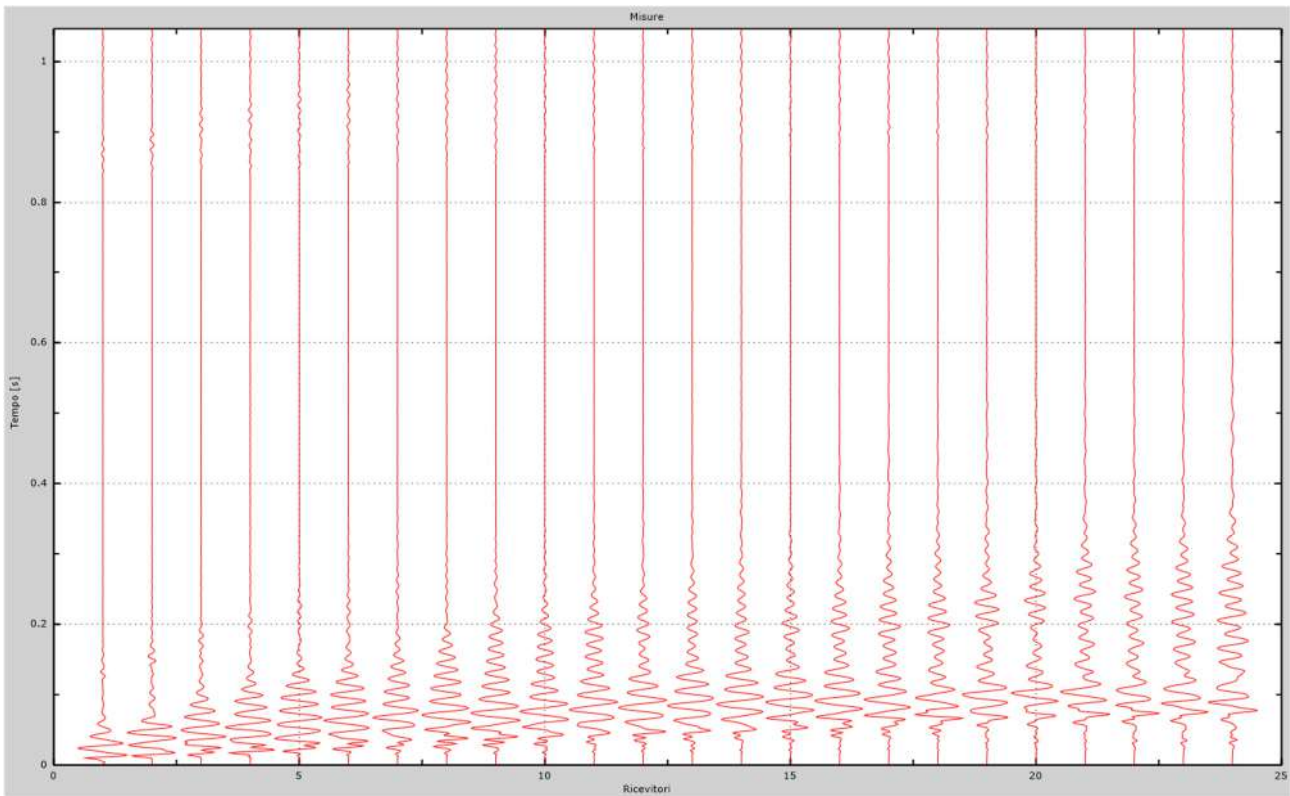


Fig. 73 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo HH'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.74) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.75). 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.76). 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.

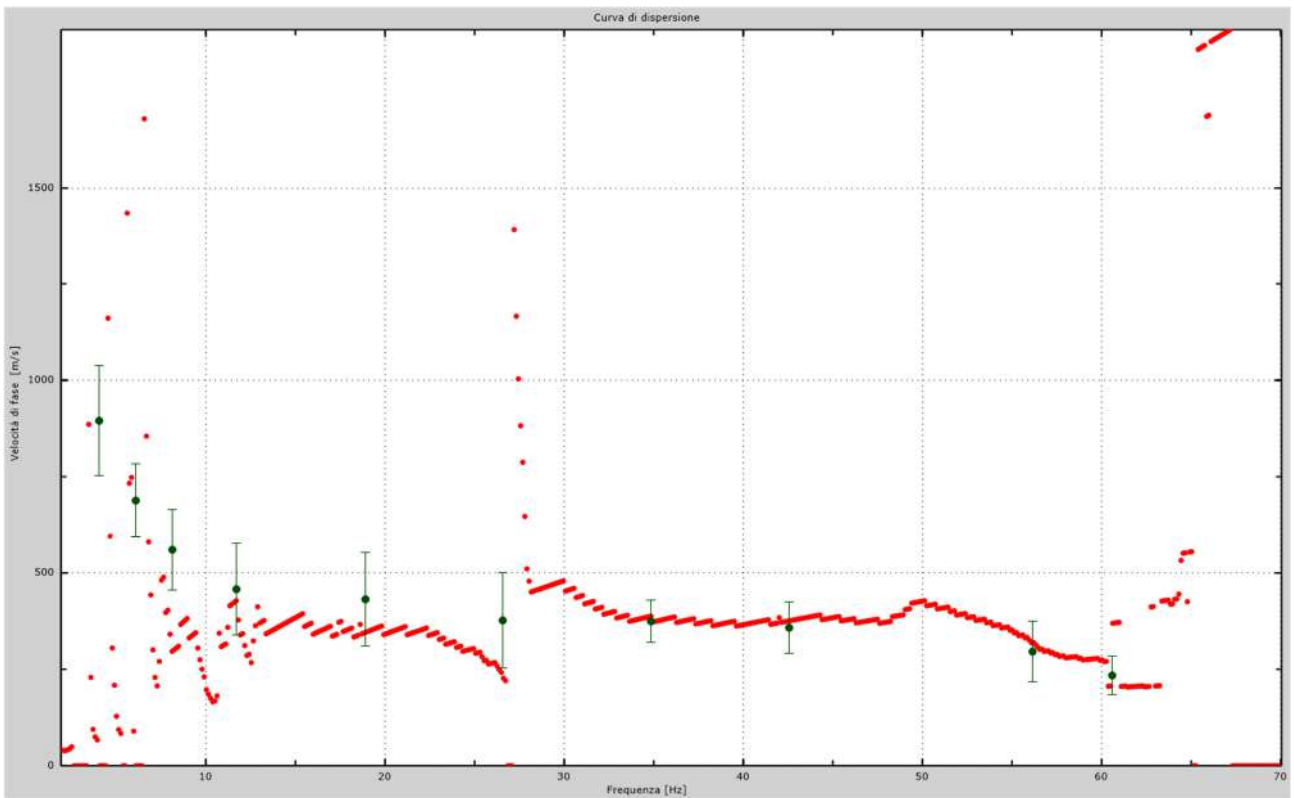


Fig.74 - Curva di dispersione sperimentale.

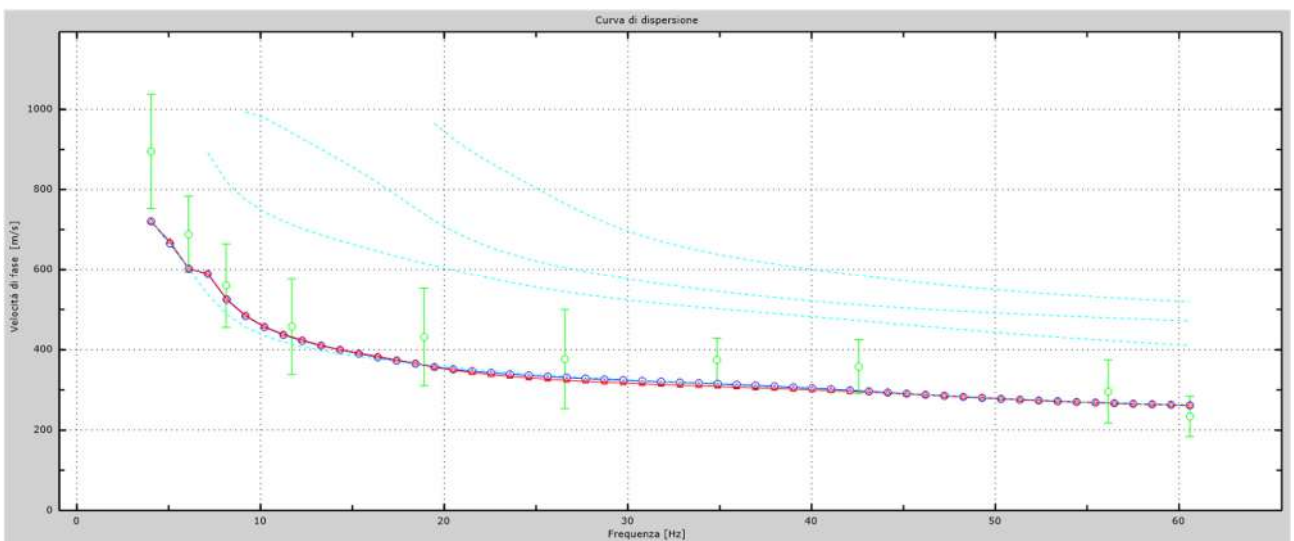


Fig.75 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

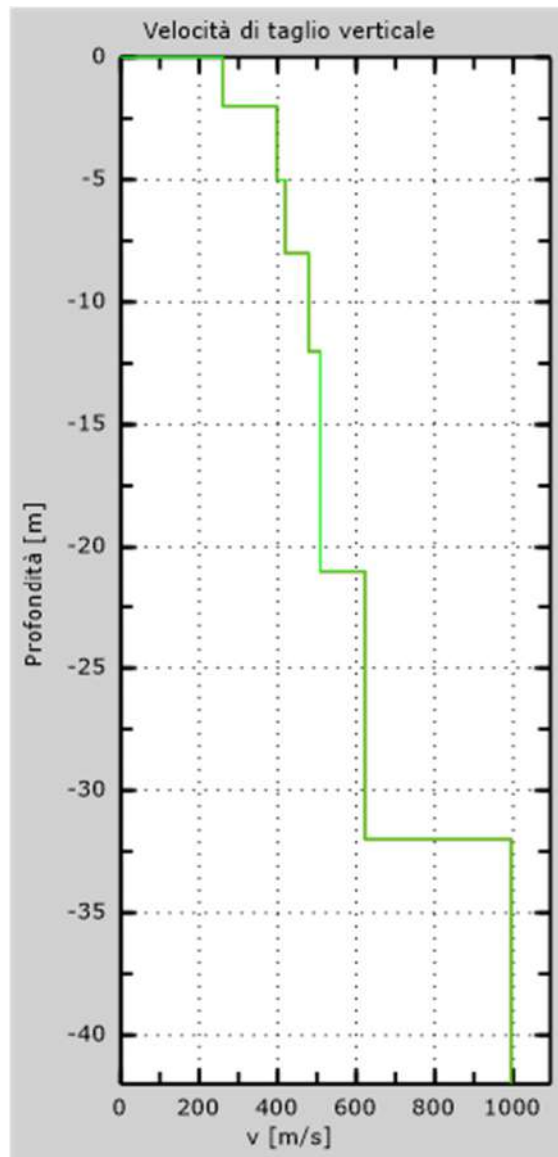


Fig. 76 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.9 Stendimento sismico II': 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.77).

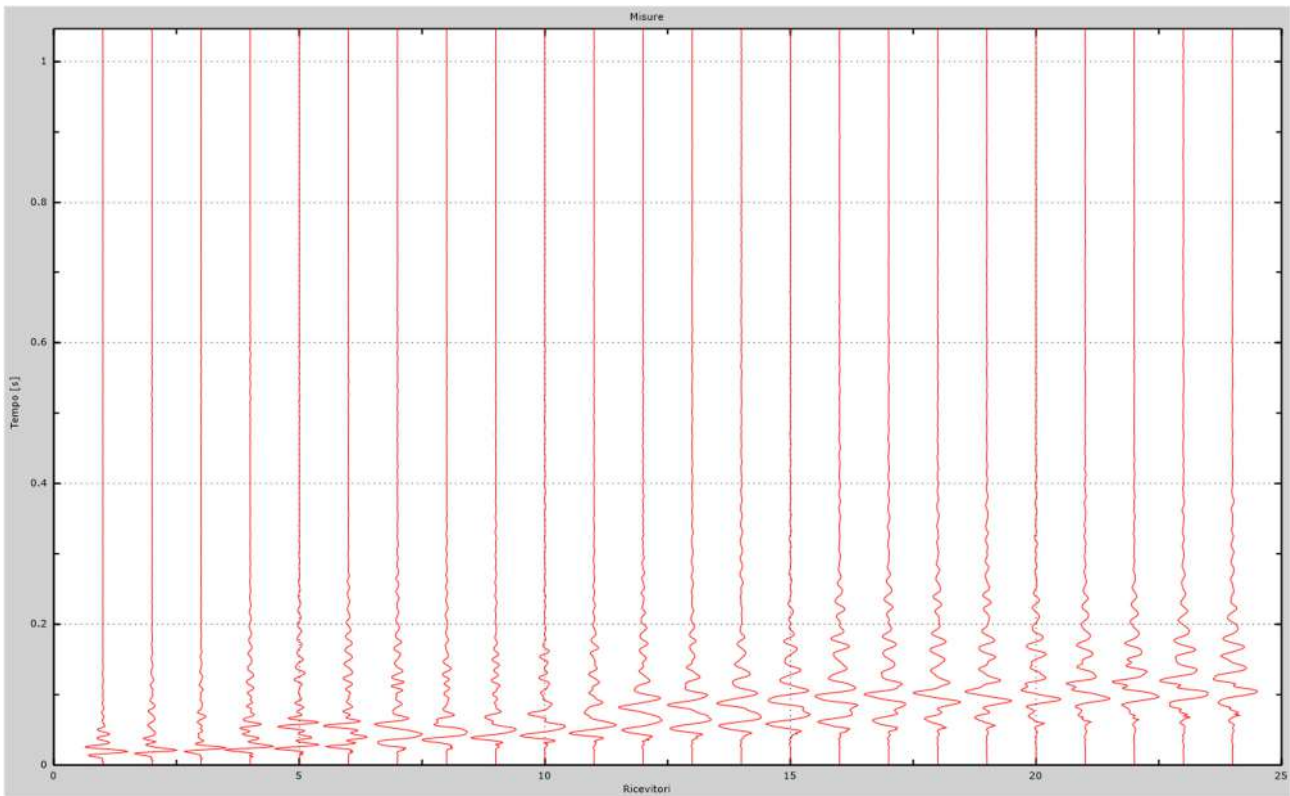


Fig. 77 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo II'

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.78) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.79). 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.80). 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.

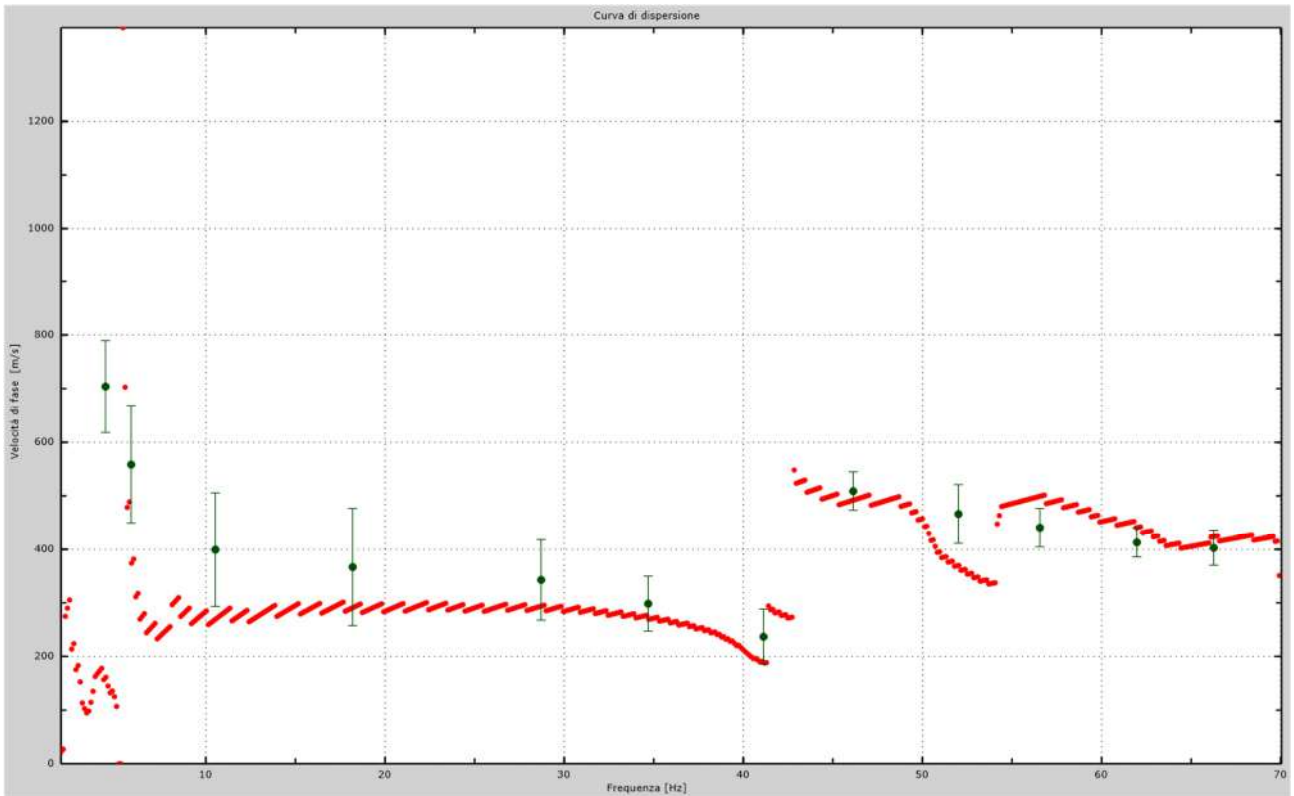


Fig.78 - Curva di dispersione sperimentale.

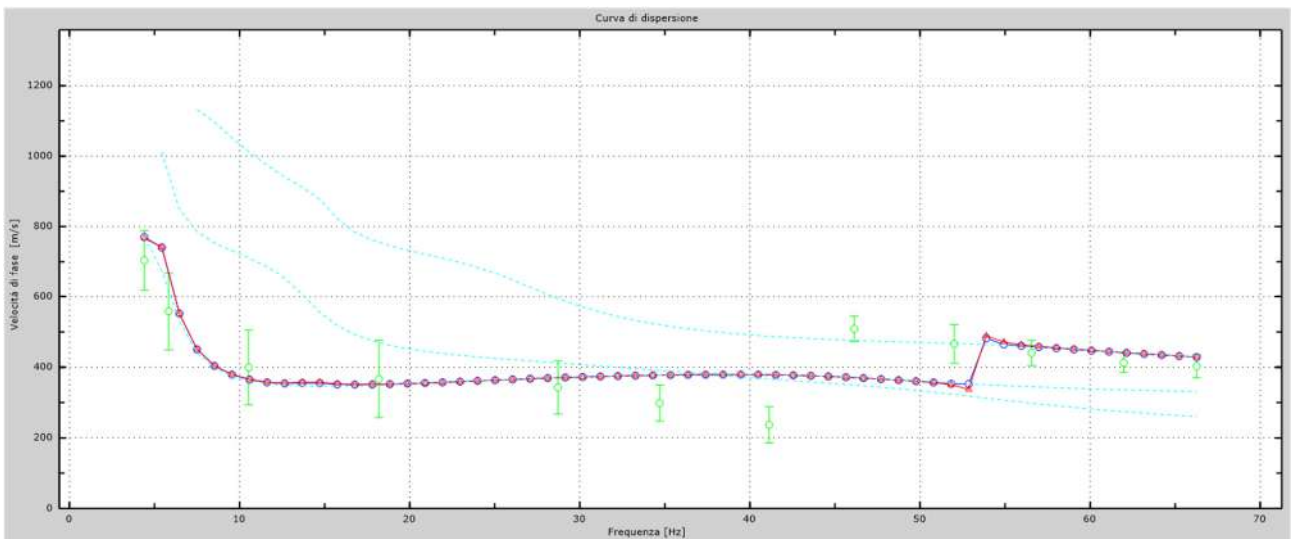


Fig.79 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

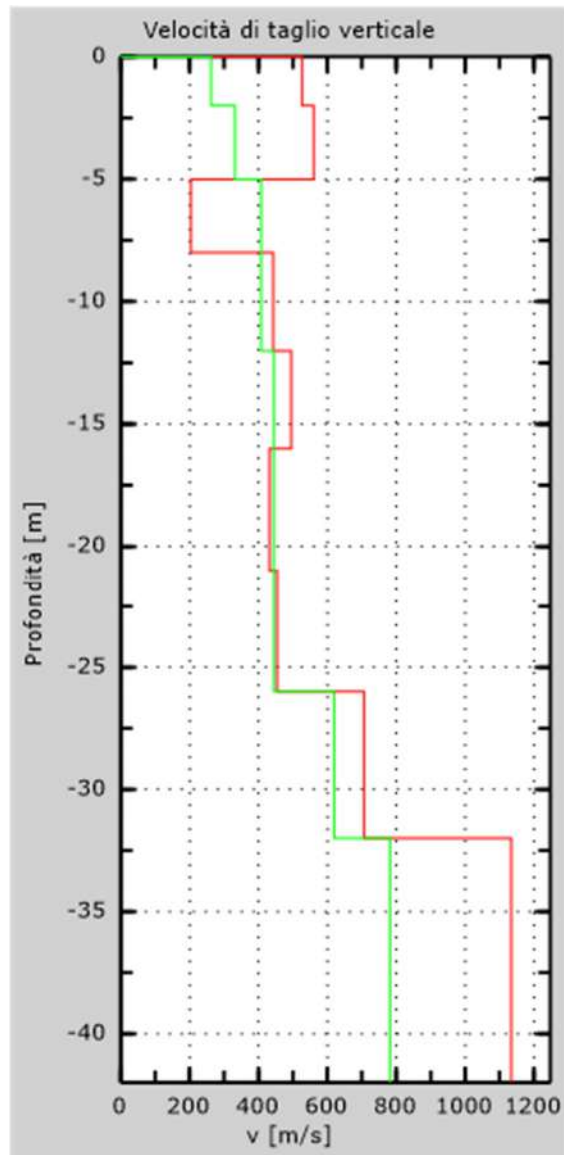


Fig. 80 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

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, recepita dalla Regione Puglia nel marzo 2004; DGR Puglia 2 marzo 2004 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

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	1.00	223
2	3.00	284
3	3.00	317
4	4.00	340
5	9.00	415
6	5.00	512
7	6.00	650

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **397.77 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

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	273
2	3.00	310
3	3.00	457
4	24.00	517

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **570.88 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.*

6.3 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	383
2	3.00	391
3	3.00	412
4	8.00	422
5	16.00	454

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **425.75 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		5
Profondità piano di posa		0 m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	5.00	402
2	3.00	470
3	4.00	490
4	4.00	500
5	16.00	532

- +

Calcola

Profondità complessiva		32 m
V _{s, eq}		489.40 m/s
Categoria del suolo		B

V_{s, eq} **489.40 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	1.00	164
2	4.00	260
3	3.00	324
4	4.00	378
5	4.00	430
6	5.00	473
7	11.00	538

- +

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **384.98 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

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	1.00	183
2	4.00	254
3	3.00	342
4	4.00	420
5	4.00	469
6	5.00	550
7	11.00	618

- +

Calcola

Profondità complessiva m

V_{s,eq} m/s

Categoria del suolo

V_{s,eq} **418.46 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.*

6.7 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo GG'

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

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	221
2	3.00	318
3	7.00	467
4	4.00	507
5	16.00	685

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs,eq: 510.76 m/s

Categoria del suolo: B

Sulla base della Vs,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 HH'

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	260
2	3.00	398
3	3.00	419
4	4.00	479
5	9.00	508
6	11.00	622

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs,eq: 494.33 m/s

Categoria del suolo: B

Sulla base della Vs,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.**

6.9 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo II'

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

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	263
2	3.00	332
3	7.00	408
4	14.00	444
5	6.00	620

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs,eq: 431.09 m/s

Categoria del suolo: B

Sulla base della Vs,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 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)
0.10	A - TETTO	250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08
7.00/8.00	A - LETTO	750.00	317.00	1.79	1824.6	7780.6	5076.9	10213.4	0.39	2.37	568.71
7.00/8.00	B - TETTO	750.00	317.00	1.79	1824.6	7780.6	5076.9	10213.4	0.39	2.37	568.71
14.00	B - LETTO	2000.00	650.00	2.16	9242.9	75183.1	26637.2	87507.0	0.44	3.08	1405.01

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)
0.10	A - TETTO	250.00	111.00	1.46	181.6	678.9	500.1	921.0	0.38	2.25	161.62
4.00	A - LETTO	750.00	457.00	1.79	3792.1	5157.3	9136.9	10213.4	0.20	1.64	819.88
4.00	B - TETTO	750.00	457.00	1.79	3792.1	5157.3	9136.9	10213.4	0.20	1.64	819.88
10.00	B - LETTO	2000.00	717.00	2.16	11246.6	72511.5	32081.2	87507.0	0.43	2.79	1549.83

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)
0.10	A - TETTO	250.00	117.00	1.46	201.7	652.1	548.6	921.0	0.36	2.14	170.36
2.00	A - LETTO	750.00	412.00	1.79	3082.1	6104.0	7914.2	10213.4	0.28	1.82	739.14
2.00	B - TETTO	750.00	412.00	1.79	3082.1	6104.0	7914.2	10213.4	0.28	1.82	739.14
8.00	B - LETTO	1750.00	794.00	2.11	13446.4	47390.6	36853.6	65319.1	0.37	2.20	1673.28

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)
0.10	A - TETTO	250.00	119.00	1.46	208.7	642.8	564.9	921.0	0.35	2.10	173.27
2.00/3.00	A - LETTO	750.00	470.00	1.79	4010.9	4865.5	9439.1	10213.4	0.18	1.60	843.20
2.00/3.00	B - TETTO	750.00	470.00	1.79	4010.9	4865.5	9439.1	10213.4	0.18	1.60	843.20
8.00	B - LETTO	2000.00	788.00	2.16	13584.2	69394.6	38256.4	87507.0	0.41	2.54	1703.30

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)
0.10	A - TETTO	250.00	121.00	1.46	215.8	633.4	581.3	921.0	0.35	2.07	176.18
2.00	A - LETTO	750.00	473.00	1.79	4062.3	4797.0	9504.1	10213.4	0.17	1.59	848.58
2.00	B - TETTO	750.00	473.00	1.79	4062.3	4797.0	9504.1	10213.4	0.17	1.59	848.58
7.00	B - LETTO	2000.00	769.00	2.16	12937.0	70257.6	36566.7	87507.0	0.41	2.60	1662.23

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)
0.10	A - TETTO	250.00	121.00	1.46	215.8	633.4	581.3	921.0	0.35	2.07	176.18
3.00/4.00	A - LETTO	750.00	469.00	1.79	3993.9	4888.3	9417.0	10213.4	0.18	1.60	841.40
3.00/4.00	B - TETTO	750.00	469.00	1.79	3993.9	4888.3	9417.0	10213.4	0.18	1.60	841.40
10.00	B - LETTO	2000.00	777.00	2.16	13207.6	69896.8	37275.0	87507.0	0.41	2.57	1679.53

Stendimento sismico GG'

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)
0.10	A - TETTO	250.00	125.00	1.46	230.3	614.0	614.0	921.0	0.33	2.00	182.01
2.00	A - LETTO	500.00	318.00	1.66	1700.0	1936.1	3945.2	4202.7	0.16	1.57	528.20
2.00	B - TETTO	500.00	318.00	1.66	1700.0	1936.1	3945.2	4202.7	0.16	1.57	528.20
10.00	B - LETTO	2000.00	685.00	2.16	10265.1	73820.1	29431.1	87507.0	0.43	2.92	1480.66

Stendimento sismico HH'

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)
0.10	A - TETTO	250.00	125.00	1.46	230.3	614.0	614.0	921.0	0.33	2.00	182.01
1.00	A - LETTO	500.00	398.00	1.66	2662.9	652.2	3383.6	4202.7	-0.36	1.26	661.09
1.00	B - TETTO	500.00	398.00	1.66	2662.9	652.2	3383.6	4202.7	-0.36	1.26	661.09
10.00	B - LETTO	2000.00	745.00	2.16	12142.1	71317.4	34470.2	87507.0	0.42	2.68	1610.36

Stendimento sismico II'

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)
0.10	A - TETTO	250.00	125.00	1.46	230.3	614.0	614.0	921.0	0.33	2.00	182.01
5.00	A - LETTO	750.00	408.00	1.79	3022.5	6183.4	7797.1	10213.4	0.29	1.84	731.97
5.00	B - TETTO	750.00	408.00	1.79	3022.5	6183.4	7797.1	10213.4	0.29	1.84	731.97
12.00	B - LETTO	2000.00	789.00	2.16	13618.7	69348.6	38346.0	87507.0	0.41	2.53	1705.47

8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

STENDIMENTO AA'



STENDIMENTO BB'



STENDIMENTO CC'



STENDIMENTO DD'



STENDIMENTO EE'



STENDIMENTO FF'



STENDIMENTO GG'



STENDIMENTO HH'



STENDIMENTO II'



Alberobello, 14.12.2022

Allegato 2
Report verifica stabilità di versante

Verifica di stabilità pre_opera WTG01

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.416386/15.183406 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	271.07 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	501.98 m
Ascissa vertice destro superiore xs	520.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	590.6 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.403	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.502	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.443
S.L.C.	975.0	1.795	2.624	0.501

Coefficients sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0115

Coefficiente azione sismica verticale 0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	173.31	425.13
2	208.92	429.43
3	244.53	432.37
4	280.14	430.11
5	315.74	427.77
6	351.35	424.11
7	386.96	418.62
8	422.57	412.52
9	458.18	405.55
10	493.79	399.74
11	529.4	394.54
12	565.01	394.02

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	173.31	414.46
2	173.81	414.53
3	191.77	417.09
4	219.99	419.66
5	243.07	421.67
6	280.09	419.47
7	329.01	415.99
8	355.21	412.7
9	389.29	407.75
10	423.01	401.34
11	468.45	392.72
12	487.32	389.43
13	521.03	384.29
14	546.69	383.56
15	563.36	383.93
16	565.01	383.96

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	173.31	417.13
2	208.92	421.43
3	244.53	424.37
4	280.14	422.11
5	315.74	419.77
6	351.35	416.11
7	386.96	410.62
8	422.57	404.52
9	458.18	397.55
10	493.79	391.74
11	529.4	386.54
12	565.01	386.02

Coefficientsi parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficientsi parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso- argillosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbiosa	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	9.41
Ascissa centro superficie	451.54 m
Ordinata centro superficie	588.39 m
Raggio superficie	181.33 m

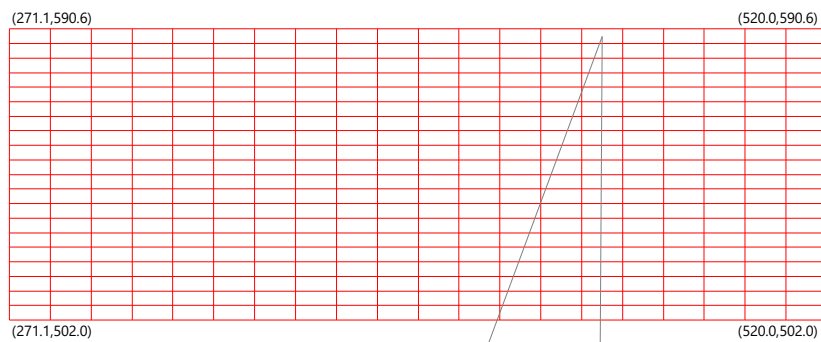
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 451.44 \quad y_c = 588.388 \quad R_c = 181.328 \quad F_s = 9.413$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6.18	19.3	6.67617.86	87.61	44.18	0.61	19.9	0.0	6502.4	4483.0	
2	6.18	17.2	6.520416.35	234.79	118.41	0.61	19.9	0.019841.1	4947.5		
3	6.18	15.2	6.430053.28	345.61	174.31	0.61	19.9	0.029706.2	5284.8		
4	6.18	13.2	6.436626.91	421.21	212.44	0.61	19.9	0.036328.4	5503.5		
5	9.24	10.7	9.460743.04	698.54	352.31	0.61	19.9	0.060230.2	8396.6		
6	3.13	8.7	3.220287.76	233.31	117.67	0.61	19.9	0.020092.5	2818.9		
7	6.18	7.2	6.236689.83	421.93	212.8	0.61	19.9	0.036295.8	5426.2		
8	6.18	5.2	6.229680.11	341.32	172.14	0.61	19.9	0.029332.9	5142.7		
9	6.18	3.3	6.219882.29	228.65	115.32	0.61	19.9	0.019642.1	4758.9		
10	6.18	1.3	6.27316.38	84.14	42.44	0.61	19.9	0.0	7219.4	4274.4	

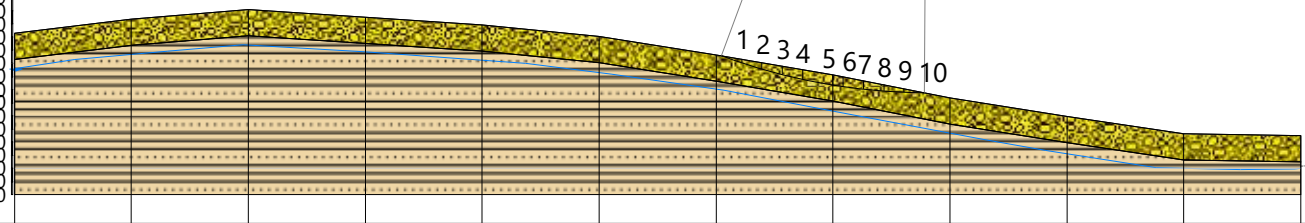
Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.


Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 9.413$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$




xc=451.54 yc=588.39 Rc=181.33 Fs=9.41

436.00
433.26
430.52
427.78
425.04
422.30
419.56
416.82
414.08
411.34
408.60
405.86
403.12
400.38
397.64
394.90
392.16
389.42
386.68
383.94
381.20
378.46
375.72
372.98
370.24
367.50
364.76
362.02
359.28
356.54
353.80
351.06
348.32
345.58
342.84
340.10
337.36
334.62
331.88
329.14
326.40
323.66
320.92
318.18
315.44
312.70
310.00



 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
g=2110 Kg/m3
gs=2300 Kg/m3
Fi=24.40°
c=0.76 kg/cm2

 argilla sabbiosa
g=2160 Kg/m3
gs=2400 Kg/m3
Fi=30.80°
c=0.99 kg/cm2

Quote	425.13	429.43	432.37	430.11	427.77	424.11	418.62	412.52	405.55	399.74	394.54	394.02
Distanze Parziali	0.00	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61
Distanze Progressive	0.00	35.61	71.22	106.83	142.44	178.05	213.66	249.27	284.87	320.48	356.09	391.70

Verifica di stabilità post_opera WTG01

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.416386/15.183406 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	236.88 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	492.61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	485.81 m
Ordinata vertice destro superiore ys	581.23 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.403	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.502	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.443
S.L.C.	975.0	1.795	2.624	0.501

Coefficientsi sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0115

Coefficiente azione sismica verticale 0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	173.31	425.13
2	208.92	429.43
3	244.53	432.37
4	280.14	430.11
5	315.74	427.77
6	351.35	424.11
7	386.96	418.62
8	422.57	412.52
9	458.18	405.55
10	493.79	399.74
11	529.4	394.54
12	565.01	394.02

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	173.31	414.46
2	173.81	414.53
3	191.77	417.09
4	219.99	419.66
5	243.07	421.67
6	280.09	419.47
7	329.01	415.99
8	355.21	412.7
9	389.29	407.75
10	423.01	401.34
11	468.45	392.72
12	487.32	389.43
13	521.03	384.29
14	546.69	383.56
15	563.36	383.93
16	565.01	383.96

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	173.31	417.13
2	208.92	421.43
3	244.53	424.37
4	280.14	422.11
5	315.74	419.77
6	351.35	416.11
7	386.96	410.62
8	422.57	404.52
9	458.18	397.55
10	493.79	391.74
11	529.4	386.54
12	565.01	386.02

Coefficientsi parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficientsi parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbiosa

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	289.5161	425.6094	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
2	291.7599	425.5527	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
3	293.6399	425.6035	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
4	295.8248	425.6035	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
5	297.7047	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
6	299.5847	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
7	301.6679	425.8068	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
8	303.7512	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
9	305.9868	425.7051	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
10	308.1717	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
11	310.2549	425.8068	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
12	312.2365	425.8068	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	x _i (m)	y _i (m)	x _f (m)	y _f (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	290	427	314	425.4201	0.6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	8.27
Ascissa centro superficie	448.47 m
Ordinata centro superficie	581.23 m
Raggio superficie	174.3 m

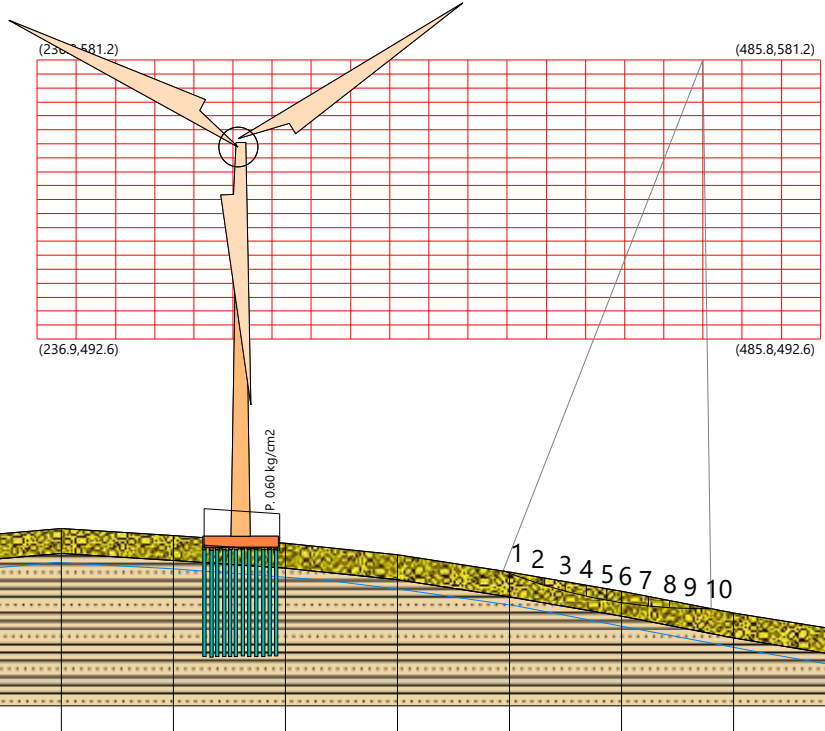
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 448.469 \quad y_c = 581.234 \quad R_c = 174.299 \quad F_s = 8.266$$


Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.04	21.0	2.2	1028.6	11.83	5.97	0.61	19.9	0.0	475.4	1630.3
2	11.17	18.7	11.83	5676.27	410.28	206.92	0.61	19.9	0.034	219.1	10180.8
3	6.61	15.7	6.93	8219.8	439.53	221.67	0.61	19.9	0.037	812.4	6708.1
4	6.61	13.4	6.84	6333.68	532.84	268.74	0.61	19.9	0.045	960.0	7014.8
5	6.61	11.2	6.75	651.18	582.49	293.78	0.61	19.9	0.050	216.3	7159.5
6	4.61	9.3	4.73	5854.32	412.32	207.96	0.61	19.9	0.035	514.2	4994.6
7	8.61	7.1	8.76	1807.81	710.79	358.49	0.61	19.9	0.061	155.8	9065.3
8	6.61	4.6	6.63	7553.84	431.87	217.81	0.61	19.9	0.037	151.4	6507.5
9	6.61	2.4	6.62	5159.42	289.33	145.92	0.61	19.9	0.024	929.5	5959.6
10	6.61	0.3	6.6	9260.1	106.49	53.71	0.61	19.9	0.0	9237.0	5266.3


Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 8.266$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc=448.47 yc=581.23 Rc=174.30 Fs=8.27

 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.40°
 c=0.76 kg/cm2

 argilla sabbiosa
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.80°
 c=0.99 kg/cm2

Quote	425.13	429.43	432.37	430.11	427.77	424.11	418.62	412.52	405.55	399.74	394.54	394.02
Distanze Parziali	0.00	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61
Distanze Progressive	0.00	35.61	71.22	106.83	142.44	178.05	213.66	249.27	284.87	320.48	356.09	391.70

Verifica di stabilità pre_opera WTG02

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.413686/15.1889 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	197.46 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	536.71 m
Ascissa vertice destro superiore xs	580.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	618.15 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.402	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.501	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.444
S.L.C.	975.0	1.795	2.623	0.501

Coefficients sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.012

Coefficiente azione sismica verticale 0.006

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	174.31	425.56
2	175.37	425.84
3	176.99	425.61
4	179.86	425.33
5	181.89	425.33
6	184.01	424.99
7	187.05	424.58
8	188.13	424.68
9	192.45	424.06
10	194.83	423.9
11	199.75	423.0
12	202.08	422.87
13	206.46	422.01
14	212.45	420.95
15	213.54	420.88
16	219.44	419.72
17	226.47	418.72
18	232.14	417.63
19	238.17	416.77
20	246.06	415.46
21	288.04	409.71
22	340.81	403.2
23	415.22	397.86
24	457.45	394.78
25	520.72	392.86
26	637.67	389.61
27	672.78	387.64

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	174.32	415.46
2	183.24	414.1
3	197.86	413.35
4	218.81	409.51
5	231.82	407.65
6	248.42	405.05
7	257.72	403.94
8	280.15	400.59
9	293.16	398.86
10	323.89	395.26
11	347.43	392.41
12	385.73	390.68
13	413.61	388.45
14	447.19	386.09
15	471.85	384.36
16	500.47	383.99
17	527.36	383.24
18	553.64	382.5
19	579.41	381.76
20	609.15	381.38
21	650.54	379.77
22	672.97	378.04

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	174.31	417.56
2	175.37	417.84
3	176.99	417.61
4	179.86	417.33
5	181.89	417.33
6	184.01	416.99
7	187.05	416.58
8	188.13	416.68
9	192.45	416.06
10	194.83	415.9
11	199.75	415.0
12	202.08	414.87
13	206.46	414.01
14	212.45	412.95
15	213.54	412.88
16	219.44	411.72
17	226.47	410.72
18	232.14	409.63
19	238.17	408.77
20	246.06	407.46
21	288.04	401.71
22	340.81	395.2
23	415.22	389.86
24	457.45	386.78
25	520.72	384.86
26	637.67	381.61
27	672.78	379.64

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-argillosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	6.88
Ascissa centro superficie	264.4 m
Ordinata centro superficie	579.47 m
Raggio superficie	173.08 m

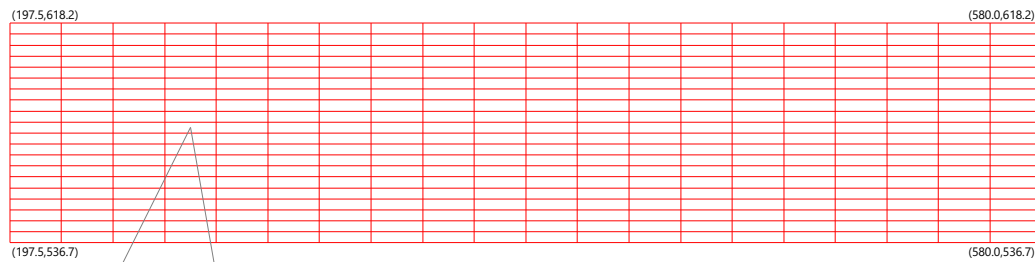
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 264.404 \quad y_c = 579.466 \quad R_c = 173.08 \quad F_s = 6.882$$

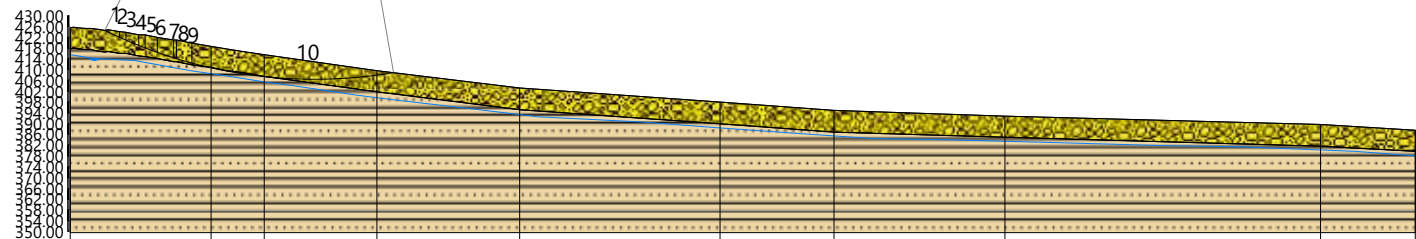
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.99	26.3	1.1	609.42	7.31	3.66	0.61	19.9	0.0	191.9	986.1
2	4.32	25.4	4.81	1987.82	143.85	71.93	0.61	19.9	0.010987.9	4806.7	
3	2.38	24.1	2.61	2360.56	148.33	74.16	0.61	19.9	0.012225.0	2944.9	
4	4.92	22.8	5.33	6476.53	437.72	218.86	0.61	19.9	0.036775.3	6651.2	
5	2.34	21.5	2.52	2083.06	265.0	132.5	0.61	19.9	0.022397.7	3398.7	
6	4.38	20.3	4.74	8790.18	585.48	292.74	0.61	19.9	0.049533.9	6742.1	
7	5.98	18.5	6.37	7488.8	929.87	464.93	0.61	19.9	0.078466.3	9710.4	
8	1.09	17.3	1.11	5498.12	185.98	92.99	0.61	19.9	0.015659.0	1837.4	
9	5.9	16.1	6.18	9043.37	1068.52	534.26	0.61	19.9	0.089738.8	10159.6	
10	74.7	2.6	74.81	171694.01	14060.33	7030.17	0.61	19.9	0.01167130.01	27606.9	


Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.


Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{\min} = 6.882$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc=264.40 yc=579.47 Rc=173.08 Fs=6.88



 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.40°
 c=0.76 kg/cm2

 argille sabbiose
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.80°
 c=0.99 kg/cm2

Quote	425.56	418.72	415.46	409.71	403.19	397.86	394.78	392.86	389.61	387.64
Distanze Parziali	0.00	7.03	7.89	41.98	52.77	74.41	42.22	63.28	116.95	35.11
Distanze Progressive	0.00	52.16	71.75	113.73	166.50	240.91	283.14	346.41	463.36	498.47

Verifica di stabilità post_opera WTG02

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.413686/15.1889 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	165.78 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	548.75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	554.68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	630.18 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.402	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.501	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.444
S.L.C.	975.0	1.795	2.623	0.501

Coefficients sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.012

Coefficiente azione sismica verticale 0.006

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	174.31	425.56
2	175.37	425.84
3	176.99	425.61
4	179.86	425.33
5	181.89	425.33
6	184.01	424.99
7	187.05	424.58
8	188.13	424.68
9	192.45	424.06
10	194.83	423.9
11	199.75	423.0
12	202.08	422.87
13	206.46	422.01
14	212.45	420.95
15	213.54	420.88
16	219.44	419.72
17	226.47	418.72
18	232.14	417.63
19	238.17	416.77
20	246.06	415.46
21	288.04	409.71
22	340.81	403.2
23	415.22	397.86
24	457.45	394.78
25	520.72	392.86
26	637.67	389.61
27	672.78	387.64

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	174.32	415.46
2	183.24	414.1
3	197.86	413.35
4	218.81	409.51
5	231.82	407.65
6	248.42	405.05
7	257.72	403.94
8	280.15	400.59
9	293.16	398.86
10	323.89	395.26
11	347.43	392.41
12	385.73	390.68
13	413.61	388.45
14	447.19	386.09
15	471.85	384.36
16	500.47	383.99
17	527.36	383.24
18	553.64	382.5
19	579.41	381.76
20	609.15	381.38
21	650.54	379.77
22	672.97	378.04

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	174.31	417.56
2	175.37	417.84
3	176.99	417.61
4	179.86	417.33
5	181.89	417.33
6	184.01	416.99
7	187.05	416.58
8	188.13	416.68
9	192.45	416.06
10	194.83	415.9
11	199.75	415.0
12	202.08	414.87
13	206.46	414.01
14	212.45	412.95
15	213.54	412.88
16	219.44	411.72
17	226.47	410.72
18	232.14	409.63
19	238.17	408.77
20	246.06	407.46
21	288.04	401.71
22	340.81	395.2
23	415.22	389.86
24	457.45	386.78
25	520.72	384.86
26	637.67	381.61
27	672.78	379.64

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-argillosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;

OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	341.1366	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
2	343.1566	399.3185	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
3	345.1093	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
4	347.3986	399.3185	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
5	349.3513	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
6	351.3039	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
7	353.5259	399.4532	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
8	355.4786	399.4532	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
9	357.3639	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
10	359.6533	399.5879	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
11	362.4139	399.4532	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
12	364.0973	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	340	400	364	397.0356	0.6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

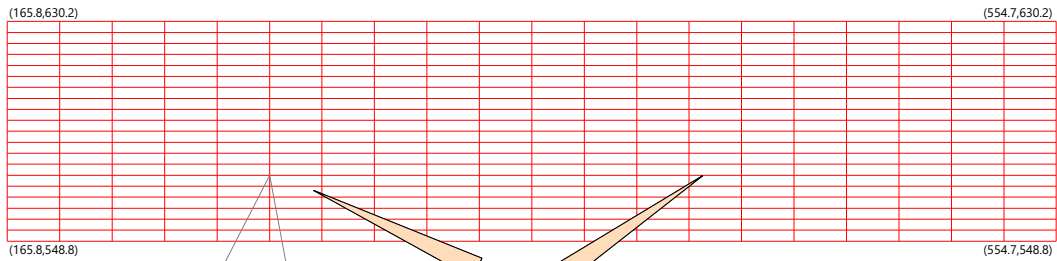
Fs minimo individuato	6.74
Ascissa centro superficie	263.0 m
Ordinata centro superficie	573.18 m
Raggio superficie	167.0 m

$x_c = 263.003$ $y_c = 573.183$ $R_c = 167.001$ $F_s = 6.743$

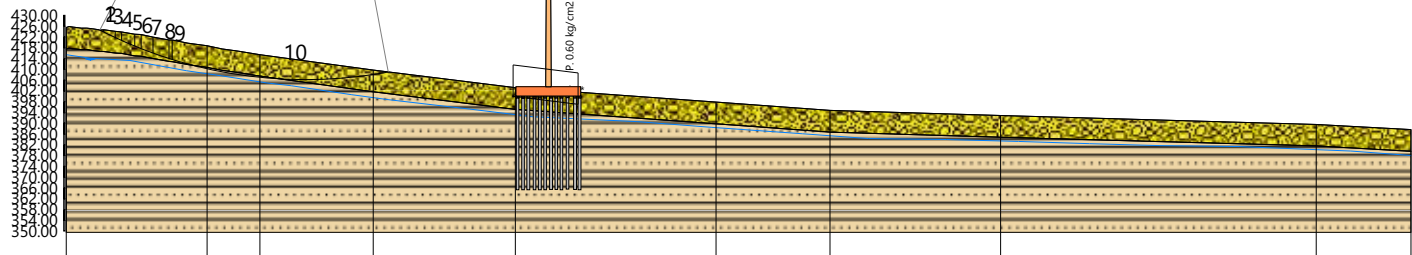
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.33	27.1	0.4	44.61	0.54	0.27	0.61	19.9	0.0	-120.2	332.7
2	1.08	26.8	1.2	1030.49	12.37	6.18	0.61	19.9	0.0	585.6	1125.1
3	4.32	25.8	4.8	13944.86	167.34	83.67	0.61	19.9	0.0	13055.9	5033.3
4	2.38	24.5	2.6	13590.2	163.08	81.54	0.61	19.9	0.0	13531.9	3083.3
5	4.92	23.2	5.3	39321.35	471.86	235.93	0.61	19.9	0.0	39792.3	6962.9
6	2.34	21.8	2.5	23555.08	282.66	141.33	0.61	19.9	0.0	23949.3	3556.8
7	4.38	20.6	4.7	51729.59	620.76	310.38	0.61	19.9	0.0	52610.2	7053.2
8	5.98	18.7	6.3	81789.59	981.48	490.74	0.61	19.9	0.0	82912.3	10155.5
9	1.09	17.4	1.1	16310.84	195.73	97.87	0.61	19.9	0.0	16492.3	1920.8
10	80.12	3.3	80.3	1348577.0	16182.92	8091.46	0.61	19.9	0.0	1342448.0	144601.8

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.


Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 6.743$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$




$x_c=263.00$ $y_c=573.18$ $R_c=167.00$ $F_s=6.74$



Quote	425.56	418.72	415.46	409.71	403.19	397.86	394.78	392.86	389.61	387.64
Distanze Parziali	0.00	7.03	7.89	41.98	52.77	74.41	42.22	63.28	116.95	35.11
Distanze Progressive	0.00	52.16	71.75	113.73	166.50	240.91	283.14	346.41	463.36	498.47

 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 $g=2110$ Kg/m³
 $g_s=2300$ Kg/m³
 $F_i=24.40^\circ$
 $c=0.76$ kg/cm²

 argille sabbiose
 $g=2160$ Kg/m³
 $g_s=2400$ Kg/m³
 $F_i=30.80^\circ$
 $c=0.99$ kg/cm²

Verifica di stabilità pre_opera WTG03

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.419424/15.212777 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	264.32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	517.22 m
Ascissa vertice destro superiore xs	656.89 m
Ordinata vertice destro superiore ys	680.52 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.396	0.302
S.L.D.	50.0	0.588	2.497	0.332
S.L.V.	475.0	1.383	2.627	0.444
S.L.C.	975.0	1.765	2.626	0.507

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6596	0.24	0.0406	0.0203
S.L.C.	2.118	0.24	0.0518	0.0259

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0.0115
0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.25	325.9
2	172.15	325.57
3	181.84	325.66
4	193.61	324.99
5	200.49	324.84
6	202.14	324.16
7	205.96	322.57
8	208.82	322.47
9	211.2	323.73
10	213.47	325.86
11	237.61	327.28
12	267.72	333.61
13	296.64	343.51
14	342.0	352.81
15	388.35	354.4
16	422.53	354.45
17	476.21	354.45
18	514.04	351.08
19	592.68	345.94
20	632.94	345.34
21	690.05	344.16
22	725.46	343.97
23	739.46	343.04
24	743.67	342.76
25	747.49	344.46

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.12	315.01
2	164.39	314.67
3	178.52	314.9
4	195.24	314.67
5	201.91	312.19
6	211.62	313.32
7	237.84	316.71
8	268.34	323.26
9	296.7	333.09
10	309.47	335.58
11	329.36	338.97
12	344.05	341.56
13	372.75	342.81
14	392.74	343.71
15	421.67	343.49
16	452.97	344.05
17	487.88	343.03
18	505.17	341.79
19	525.39	340.43
20	546.3	339.42
21	578.05	337.27
22	592.28	336.48
23	611.49	335.8
24	624.03	335.8
25	642.11	334.9
26	649.36	334.57
27	657.14	334.67
28	673.97	334.67
29	681.53	334.89
30	688.32	334.5
31	698.36	334.5
32	705.53	334.5
33	719.3	334.22
34	726.09	334.31
35	733.16	333.64
36	739.38	333.26
37	747.16	333.78

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.25	317.9
2	172.15	317.57
3	181.84	317.66
4	193.61	316.99
5	200.49	316.84
6	202.14	316.16
7	205.96	314.57
8	208.82	314.47
9	211.2	315.73
10	213.47	317.86
11	237.61	319.28
12	267.72	325.61
13	296.64	335.51
14	342.0	344.81
15	388.35	346.4
16	422.53	346.45
17	476.21	346.45
18	514.04	343.08
19	592.68	337.94
20	632.94	337.34
21	690.05	336.16
22	725.46	335.97
23	739.46	335.04
24	743.67	334.76
25	747.49	336.46

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-argillosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	3.26
Ascissa centro superficie	264.32 m
Ordinata centro superficie	517.22 m
Raggio superficie	194.78 m

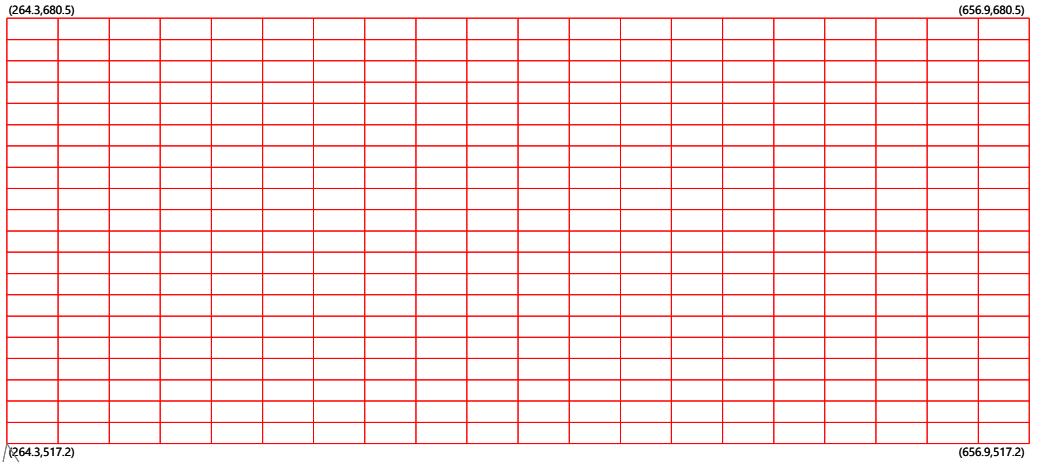
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 264.321 \quad y_c = 517.22 \quad R_c = 194.776 \quad F_s = 3.256$$

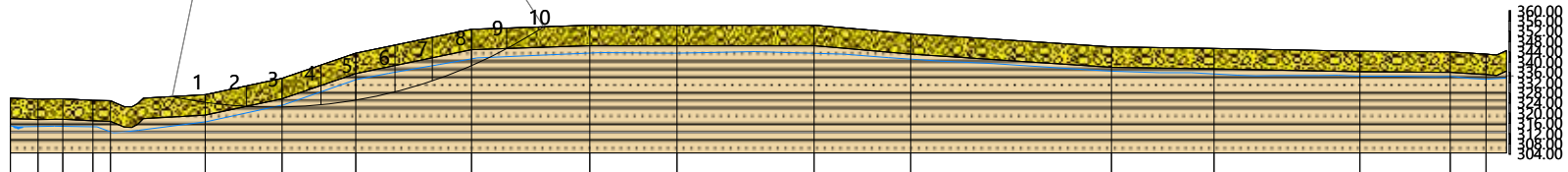
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	12.92	-9.8	13.143849.46	504.27	254.33	0.61	19.9	0.049691.4	30024.5		
2	16.19	-5.5	16.3192900.6	2218.36	1118.82	0.61	19.9	0.0198836.7	52545.1		
3	13.91	-1.0	13.9285082.1	3278.44	1653.48	0.79	25.5	0.0286514.9	75820.2		
4	15.2	3.2	15.2446449.3	5134.17	2589.41	0.79	25.544429.0397272.695229.4				
5	13.72	7.5	13.8521287.6	5994.81	3023.47	0.79	25.590283.7422139.795495.6				
6	15.4	11.9	15.7638133.5	7338.54	3701.17	0.79	25.5122744.2503117.5111966.2				
7	14.56	16.4	15.2577643.0	6642.9	3350.33	0.79	25.5100295.6466618.3105266.3				
8	15.41	21.1	16.5535345.3	6156.47	3105.0	0.79	25.567642.7459796.7107516.1				
9	13.71	25.7	15.2329259.8	3786.49	1909.71	0.79	25.5 443.8324291.3 84521.4				
10	14.56	30.5	16.9130404.9	1499.66	756.35	0.61	19.9 0.0124573.1 45425.7				


Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.


Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 3.256$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc=264.32 yc=517.22 Rc=194.78 Fs=3.26



 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.40°
 c=0.76 kg/cm2

 argille sabbiose
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.80°
 c=0.99 kg/cm2

Quote	0.00	325.90	325.57	325.66	324.99	324.84	327.28	333.61	343.51	352.81	354.40	354.45	354.45	351.08	345.94	345.34	344.16	343.97	343.04
Distanze Parziali	0.00	10.89	9.69	11.77	6.88		24.14	30.11	28.92	45.36	46.35	34.18	53.68	37.83	78.64	40.26	57.12	35.40	14.00
Distanze Progressive	0.00	10.89	20.58	32.36	39.24		76.36	106.47	135.39	180.75	227.10	261.28	314.96	352.79	431.43	471.68	528.80	564.21	578.21

Verifica di stabilità post_opera WTG03

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.419424/15.212777 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	264.35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	448.49 m
Ascissa vertice destro superiore xs	656.92 m
Ordinata vertice destro superiore ys	611.79 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.396	0.302
S.L.D.	50.0	0.588	2.497	0.332
S.L.V.	475.0	1.383	2.627	0.444
S.L.C.	975.0	1.765	2.626	0.507

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6596	0.24	0.0406	0.0203
S.L.C.	2.118	0.24	0.0518	0.0259

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0.0115
0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.25	325.9
2	172.15	325.57
3	181.84	325.66
4	193.61	324.99
5	200.49	324.84
6	202.14	324.16
7	205.96	322.57
8	208.82	322.47
9	211.2	323.73
10	213.47	325.86
11	237.61	327.28
12	267.72	333.61
13	296.64	343.51
14	342.0	352.81
15	388.35	354.4
16	422.53	354.45
17	476.21	354.45
18	514.04	351.08
19	592.68	345.94
20	632.94	345.34
21	690.05	344.16
22	725.46	343.97
23	739.46	343.04
24	743.67	342.76
25	747.49	344.46

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.12	315.01
2	164.39	314.67
3	178.52	314.9
4	195.24	314.67
5	201.91	312.19
6	211.62	313.32
7	237.84	316.71
8	268.34	323.26
9	296.7	333.09
10	309.47	335.58
11	329.36	338.97
12	344.05	341.56
13	372.75	342.81
14	392.74	343.71
15	421.67	343.49
16	452.97	344.05
17	487.88	343.03
18	505.17	341.79
19	525.39	340.43
20	546.3	339.42
21	578.05	337.27
22	592.28	336.48
23	611.49	335.8
24	624.03	335.8
25	642.11	334.9
26	649.36	334.57
27	657.14	334.67
28	673.97	334.67
29	681.53	334.89
30	688.32	334.5
31	698.36	334.5
32	705.53	334.5
33	719.3	334.22
34	726.09	334.31
35	733.16	333.64
36	739.38	333.26
37	747.16	333.78

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.25	317.9
2	172.15	317.57
3	181.84	317.66
4	193.61	316.99
5	200.49	316.84
6	202.14	316.16
7	205.96	314.57
8	208.82	314.47
9	211.2	315.73
10	213.47	317.86
11	237.61	319.28
12	267.72	325.61
13	296.64	335.51
14	342.0	344.81
15	388.35	346.4
16	422.53	346.45
17	476.21	346.45
18	514.04	343.08
19	592.68	337.94
20	632.94	337.34
21	690.05	336.16
22	725.46	335.97
23	739.46	335.04
24	743.67	334.76
25	747.49	336.46

Coefficientsi parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficientsi parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm2)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	591.4913	340.1831	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
2	593.2995	340.0838	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
3	595.5997	340.0277	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
4	597.7316	339.9716	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
5	599.8636	340.0277	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
6	601.4906	340.0838	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
7	603.5664	339.9716	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
8	605.6983	339.8594	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
9	607.9986	339.9155	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
10	610.6354	340.0838	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
11	612.4868	340.0277	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
12	614.1138	339.9716	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	590	340	614	338.4292	0.6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.94
Ascissa centro superficie	274.16 m
Ordinata centro superficie	452.57 m
Raggio superficie	131.2 m

$x_c = 274.159$ $y_c = 452.574$ $R_c = 131.201$ $F_s = 2.938$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.99	-16.6	2.11514.07	17.41	8.78	0.61	19.9	0.0	2974.5	4669.2	
2	22.9	-11.1	23.3284695.6	3274.0	1651.23	0.61	19.9	0.0306961.4	86201.0		
3	7.21	-4.4	7.2170859.9	1964.89	990.99	0.79	25.54299.2170673.6	47182.0			
4	17.69	1.1	17.7595338.6	6846.39	3452.96	0.79	25.583356.3509671.2130408.5				
5	11.23	7.4	11.3482860.9	5552.9	2800.59	0.79	25.597318.0376876.891697.3				
6	13.66	12.9	14.0623144.7	7166.16	3614.24	0.79	25.5132748.8476715.7115158.7				
7	12.45	18.9	13.2535891.8	6162.76	3108.17	0.79	25.5104315.3420632.6103726.4				
8	12.45	24.7	13.7462389.1	5317.48	2681.86	0.79	25.568860.7387299.099799.6				
9	6.8	29.4	7.8204250.5	2348.88	1184.65	0.79	25.515743.1187399.851472.0				
10	18.09	36.0	22.4261827.0	3011.01	1518.6	0.61	19.9	0.0266176.0	79161.8		

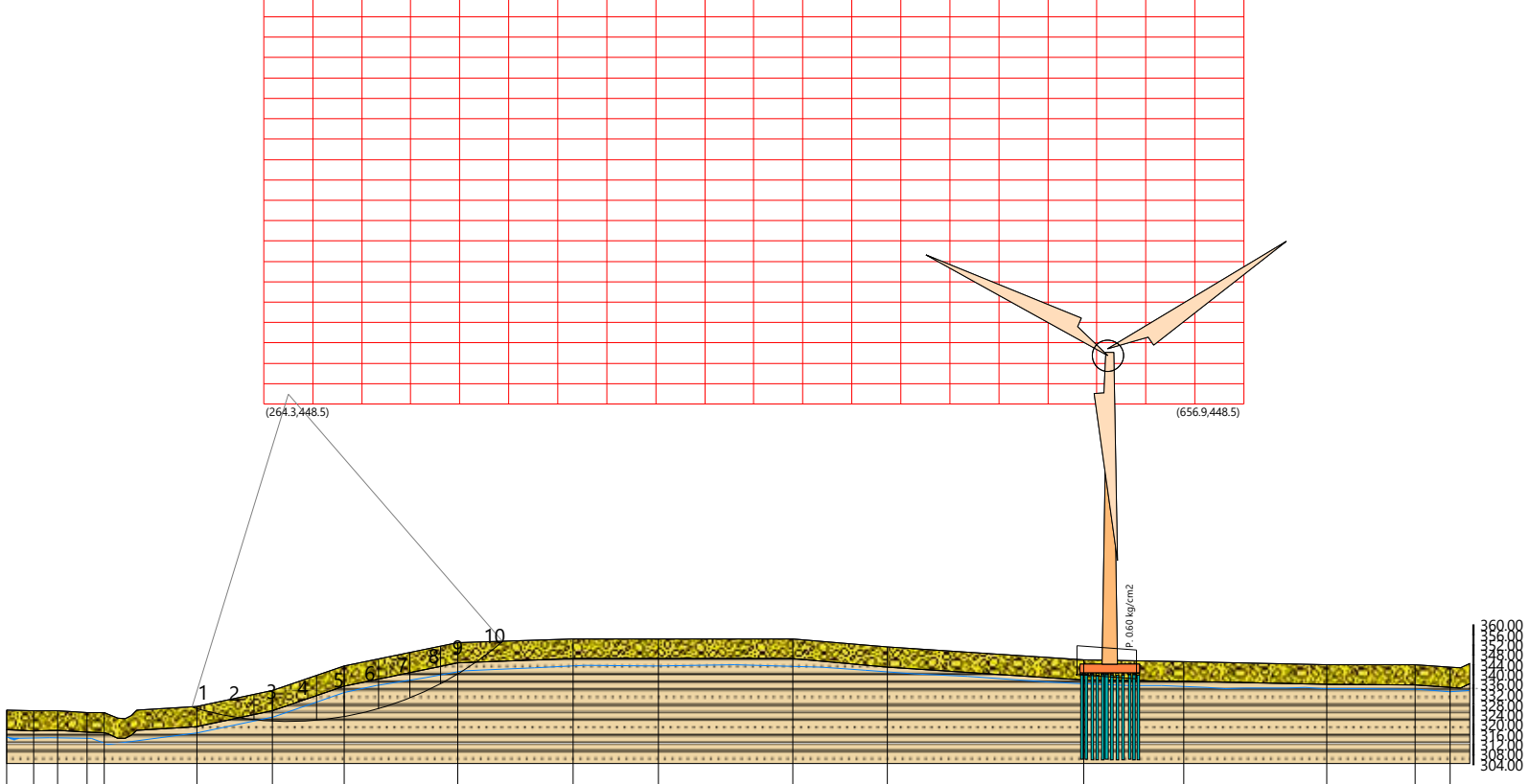
Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \text{ min} = 2.938$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

(2643,611.8) (656,9,611.8)

xc=274.16 yc=452.57 Rc=131.20 Fs=2.94

(2643,448.5) (656,9,448.5)



Quote	325.90	325.57	325.66	324.99	324.84	327.28	333.61	343.51	352.81	354.40	354.45	354.45	351.08	345.94	345.34	344.16	343.97	343.04
Distanze Parziali	0.00	10.89	9.69	11.77	6.88	24.14	30.11	28.92	45.36	46.35	34.18	53.68	37.83	78.64	40.26	57.12	35.40	14.00
Distanze Progressive	0.00	10.89	20.58	32.36	39.24	76.36	106.47	135.39	180.75	227.10	261.28	314.96	352.79	431.43	471.68	528.80	564.21	578.21

- conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.40°
 c=0.76 kg/cm2
- argille sabbiose
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.80°
 c=0.99 kg/cm2

Verifica di stabilità pre_opera WTG09

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.41038/15.214754 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	220.79 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	501.58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	600.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	609.36 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.398	0.301
S.L.D.	50.0	0.588	2.498	0.332
S.L.V.	475.0	1.393	2.625	0.444
S.L.C.	975.0	1.775	2.624	0.505

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6716	0.24	0.0409	0.0205
S.L.C.	2.13	0.24	0.0521	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.0115

Coefficiente azione sismica verticale

0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.78	370.88
2	195.36	368.93
3	234.95	362.53
4	289.73	352.94
5	423.28	343.75
6	487.26	342.95
7	593.22	342.15
8	722.91	340.16
9	842.87	338.57
10	913.24	340.56
11	913.24	340.56
12	913.24	340.56
13	913.24	340.56
14	913.24	340.56

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.68	359.43
2	185.77	356.18
3	217.43	352.44
4	256.45	347.39
5	279.8	343.41
6	295.22	341.97
7	328.21	339.68
8	356.14	337.87
9	392.02	334.5
10	421.88	333.42
11	457.89	332.82
12	490.88	332.7
13	532.3	332.22
14	598.04	331.13
15	634.4	331.25
16	684.49	329.45
17	753.49	329.45
18	817.66	328.0
19	874.62	328.96
20	913.51	329.93

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.78	362.88
2	195.36	360.93
3	234.95	354.53
4	289.73	344.94
5	423.28	335.75
6	487.26	334.95
7	593.22	334.15
8	722.91	332.16
9	842.87	330.57
10	913.24	332.56
11	913.24	332.56
12	913.24	332.56
13	913.24	332.56
14	913.24	332.56

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbioso	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;
OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	7.48
Ascissa centro superficie	277.67 m
Ordinata centro superficie	609.36 m
Raggio superficie	254.98 m

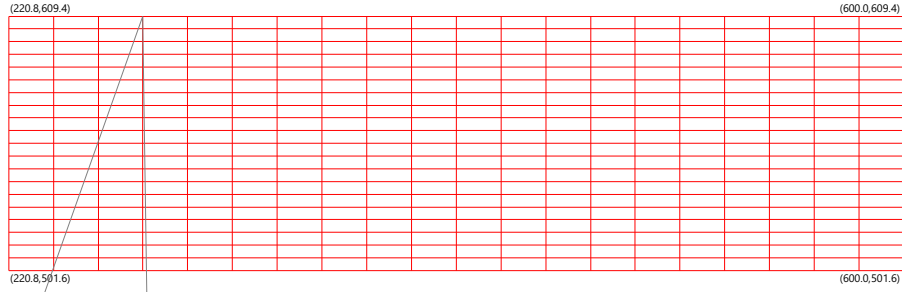
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 277.672 \quad y_c = 609.36 \quad R_c = 254.976 \quad F_s = 7.481$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.08	19.2	3.32929.95	33.69	16.99	0.61	19.9	0.0	2144.8	2750.4	
2	14.74	17.1	15.465012.19	747.64	377.07	0.61	19.9	0.063220.8	15597.2		
3	8.91	14.3	9.265902.22	757.88	382.23	0.61	19.9	0.065301.5	10638.1		
4	8.91	12.3	9.178447.02	902.14	454.99	0.61	19.9	0.077849.4	11183.6		
5	7.04	10.4	7.266666.16	766.66	386.66	0.61	19.9	0.066126.1	9024.2		
6	10.77	8.4	10.9101326.8	1165.26	587.7	0.61	19.9	0.0100399.8	13721.3		
7	8.91	6.2	9.075096.32	863.61	435.56	0.61	19.9	0.074355.8	10887.2		
8	8.91	4.2	8.960987.59	701.36	353.73	0.61	19.9	0.060405.5	10187.3		
9	8.91	2.2	8.940985.52	471.33	237.72	0.61	19.9	0.040664.7	9215.7		
10	8.91	0.2	8.915123.2	173.92	87.71	0.61	19.9	0.015098.9	7970.3		

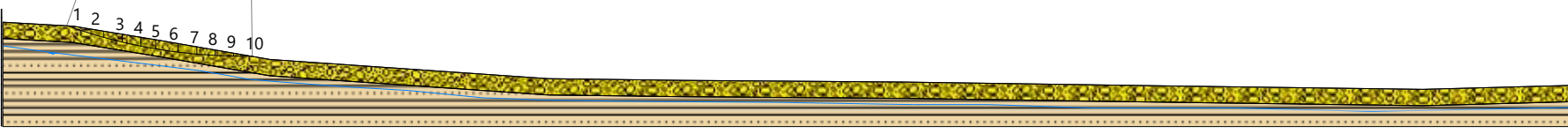
Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.



Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 7.481$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



$x_c=277.67$ $y_c=609.36$ $R_c=254.98$ $F_s=7.48$

377.00
376.00
375.00
374.00
373.00
372.00
371.00
370.00
369.00
368.00
367.00
366.00
365.00
364.00
363.00
362.00
361.00
360.00
359.00
358.00
357.00
356.00
355.00
354.00
353.00
352.00
351.00
350.00
349.00
348.00
347.00
346.00
345.00
344.00
343.00
342.00
341.00
340.00
339.00
338.00
337.00
336.00
335.00
334.00
333.00
332.00
331.00
330.00
329.00
328.00
327.00



-  conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 $g=2110 \text{ Kg/m}^3$
 $g_s=2300 \text{ Kg/m}^3$
 $F_i=24.40^\circ$
 $c=0.76 \text{ kg/cm}^2$
-  argilla sabbioso
 $g=2160 \text{ Kg/m}^3$
 $g_s=2400 \text{ Kg/m}^3$
 $F_i=30.80^\circ$
 $c=0.99 \text{ kg/cm}^2$

Verifica di stabilità post_opera WTG09

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.41038/15.214754 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	192.68 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	500.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	725.19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	637.83 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.398	0.301
S.L.D.	50.0	0.588	2.498	0.332
S.L.V.	475.0	1.393	2.625	0.444
S.L.C.	975.0	1.775	2.624	0.505

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6716	0.24	0.0409	0.0205
S.L.C.	2.13	0.24	0.0521	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0.0115
0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.78	370.88
2	195.36	368.93
3	234.95	362.53
4	289.73	352.94
5	423.28	343.75
6	487.26	342.95
7	593.22	342.15
8	722.91	340.16
9	842.87	338.57
10	913.24	340.56
11	913.24	340.56
12	913.24	340.56
13	913.24	340.56
14	913.24	340.56

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.68	359.43
2	185.77	356.18
3	217.43	352.44
4	256.45	347.39
5	279.8	343.41
6	295.22	341.97
7	328.21	339.68
8	356.14	337.87
9	392.02	334.5
10	421.88	333.42
11	457.89	332.82
12	490.88	332.7
13	532.3	332.22
14	598.04	331.13
15	634.4	331.25
16	684.49	329.45
17	753.49	329.45
18	817.66	328.0
19	874.62	328.96
20	913.51	329.93

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.78	362.88
2	195.36	360.93
3	234.95	354.53
4	289.73	344.94
5	423.28	335.75
6	487.26	334.95
7	593.22	334.15
8	722.91	332.16
9	842.87	330.57
10	913.24	332.56
11	913.24	332.56
12	913.24	332.56
13	913.24	332.56
14	913.24	332.56

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbioso	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;
OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	652.2578	336.076	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
2	654.0933	336.0801	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
3	656.1692	336.1273	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
4	658.2627	336.0838	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
5	663.3527	336.1241	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
6	660.9022	336.1286	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
7	665.235	336.1795	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
8	667.0067	336.0688	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
9	668.7783	336.0688	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
10	670.6052	336.1241	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
11	672.8197	336.1241	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
12	674.9235	336.2348	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	653	335	677	334.6318	0.6

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	7.15
Ascissa centro superficie	285.87 m
Ordinata centro superficie	620.6 m
Raggio superficie	267.68 m

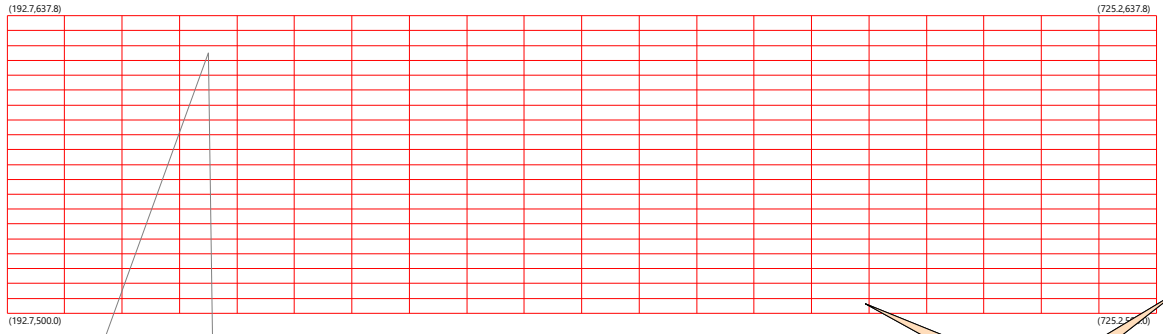
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 285.869 \quad y_c = 620.601 \quad R_c = 267.677 \quad F_s = 7.152$$

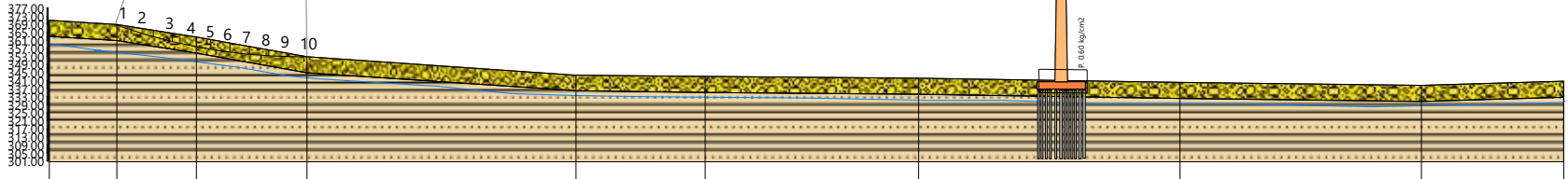
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.78	19.8	0.8	196.54	2.26	1.14	0.61	19.9	0.0	-45.7	705.4
2	18.24	17.7	19.171	1439.43	821.55	414.35	0.61	19.9	0.068	683.2	19761.2
3	9.51	14.6	9.872	2933.58	838.74	423.01	0.61	19.9	0.072	237.5	12020.9
4	11.84	12.3	12.111	1423.1	1281.37	646.25	0.61	19.9	0.011	10566.5	15910.6
5	7.18	10.2	7.372	162.54	829.87	418.54	0.61	19.9	0.071	1551.2	9833.5
6	9.51	8.4	9.693	610.77	1076.52	542.94	0.61	19.9	0.092	724.0	12877.4
7	9.51	6.3	9.684	811.05	975.33	491.9	0.61	19.9	0.083	956.7	12394.8
8	9.51	4.3	9.569	103.84	794.69	400.8	0.61	19.9	0.068	430.7	11580.0
9	9.51	2.2	9.546	558.91	535.43	270.04	0.61	19.9	0.046	186.6	10434.9
10	9.51	0.2	9.517	214.87	197.97	99.85	0.61	19.9	0.017	183.3	8957.0

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 7.152$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc=285.87 yc=620.60 Rc=267.68 Fs=7.15



- conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
g=2110 Kg/m3
gs=2300 Kg/m3
Fi=24.40°
c=0.76 kg/cm2

- argilla sabbioso
g=2160 Kg/m3
gs=2400 Kg/m3
Fi=30.80°
c=0.99 kg/cm2

Quote	370.88	368.93	362.53	352.94	343.75	342.95	342.15	340.16	338.57	340.56
Distanze Parziali	0.00	33.58	39.59	54.78	133.55	63.98	105.96	129.69	119.96	70.37
Distanze Progressive	0.00	33.58	73.17	127.95	261.50	325.48	431.44	561.13	681.08	751.46